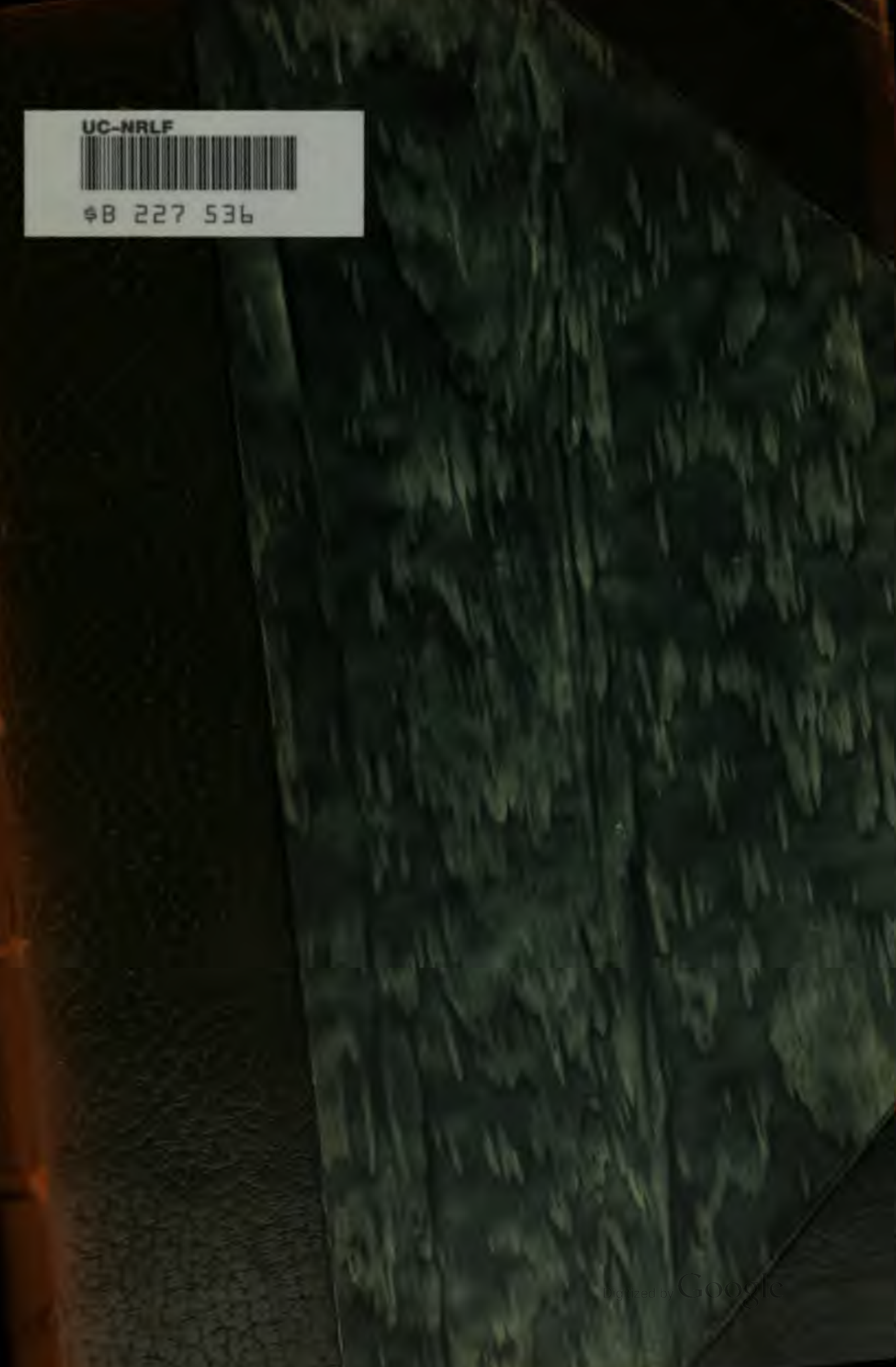
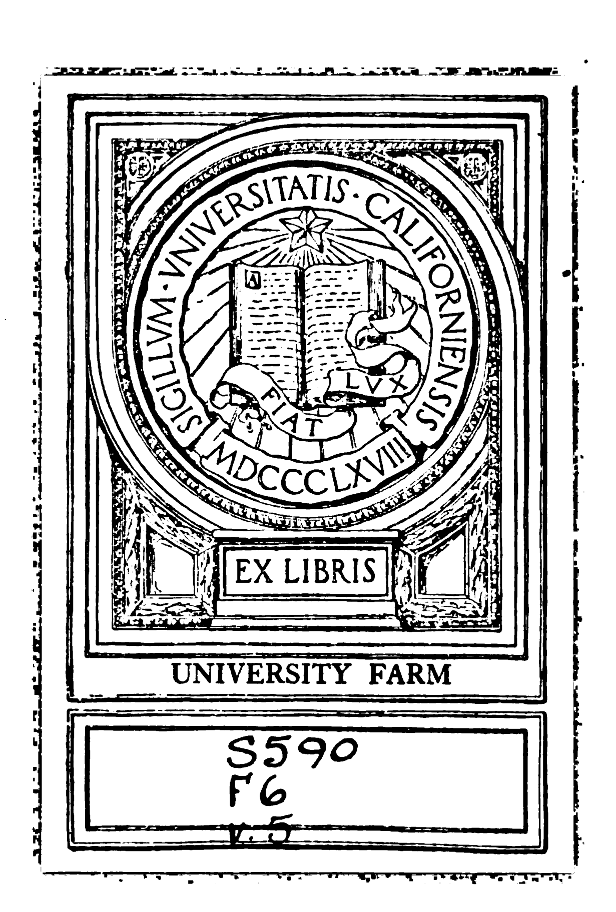





SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS
UNIVERSITY FARM

FORSCHUNGEN

AUF DEM GEBIETE DER

AGRIKULTUR-PHYSIK.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. WOLLNY,

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

FÜNFTER BAND.

MIT ORIGINAL-BEITRÄGEN VON

W. DETMER, J. HANN, L. JUST, C. KRAUS, TH. LANGER, A. MAYER, A. STELLWAAG, F. WAGNER, E. WOLLNY.

MIT 9 HOLZSCHNITTEN UND 2 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.



HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1882.

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

I. Physik des Bodens:

Anmerkung. Die unter der Rubrik «Neue Litteratur» mitgetheilten Referate sind in obigem Inhaltsverzeichniß zur Unterscheidung von den Original-Abhandlungen am Anfang des Titels mit einem * versehen. *D. H.*

*

II. Physik der Pflanze:



III. Agrar-Meteorologie:



Autoren-Verzeichniß.

Druckfehler-Berichtigung.

S. 55. Zeile 18 von unten lies «Schlösing» statt: «Schlössing».

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XIII. Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften des Bodens im dichten und im lockeren Zustande.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Eine Reihe von Eigenschaften des Bodens, welche für das Pflanzenleben direkt oder indirekt von Wichtigkeit sind — vor Allem das Verhalten zur Wärme, zum Wasser und zur Luft — ist von der mehr oder weniger dichten Zusammenlagerung der einzelnen Bodentheilchen oder der von diesen gebildeten Bodenkrümelchen wesentlich abhängig. Wiederholt sind in dieser Zeitschrift Untersuchungen mitgetheilt worden[1]), aus welchen unzweifelhaft hervorging, dass in der That der Boden bei verschiedenen Lockerheitszuständen, soweit diese von der mechanischen Beschaffenheit desselben abhängig sind, Unterschiede zeigt, die in mehrfacher Beziehung sowohl ein wissenschaftliches wie praktisches Interesse bieten.

---

[1]) *E. Wollny*, Untersuchungen über die Temperatur des Bodens im dichten und im lockeren Zustande. Diese Zeitschrift Bd. II. 1879. S. 133—162.

F. Renk, Ueber die Permeabilität des Bodens für Luft. Ibid. S. 344.

G. Ammon, Untersuchungen über die Permeabilität des Bodens für Luft. Ibid. Bd. III. 1880. S. 225 u. ff.

E. Wollny, Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure. Ibid. Bd. IV. 1881. S. 19—24.

Um zu einer weiteren Klärung der einschlägigen, in den bisherigen Untersuchungen entweder gar nicht oder nur unvollkommen erörterten Fragen beizutragen, hat Referent die in nachfolgenden Zeilen beschriebenen Experimente angestellt, in welchen hauptsächlich der Einfluss des Lockerheitszustandes auf den Wassergehalt, die Temperatur und die Bildung von Rissen und Spalten in der Vegetationsschicht näher eruirt werden sollte. In Rücksicht auf den dabei massgebenden Zweck, für die Beurtheilung der Zweckmässigkeit der bei der mechanischen Bearbeitung des Bodens in der Praxis angewendeten Massnahmen eine weiterhin nutzbare Grundlage zu gewinnen, wurden die Beobachtungen im Freien, unter möglichster Anpassung an die natürlichen Verhältnisse, angestellt und vorzüglich nur auf diejenigen Veränderungen des Bodens erstreckt, welche derselbe bei dem Lockern, wie bei dem Pflügen und Extirpiren, oder bei dem Zusammenpressen, wie bei dem Walzen, erleidet.

A. Wassergehalt des Bodens im dichten und im lockeren Zustande.

Der fast ganz allgemein in der Praxis verbreiteten Ansicht, daß der Boden das Wasser um so schneller verdunste und austrockene, als seine Structur lockerer sei, stehen die Resultate einiger Beobachtungen von *H. Grouven*, *J. Nessler*, *P. Wagner*, *A. Schleh* und *S. W. Johnson* gegenüber, nach welchen die Abgabe des Wassers seitens des Bodens grade in entgegengesetztem Verhältniß stattfindet.

H. Grouven[1]) zeigte, daß ein Boden mit dichtem Gefüge die Feuchtigkeit viel schneller verdunstet als unter den gleichen Verhältnissen im lockeren Zustande.

J. Nessler[2]) füllte je 2 Gläser von 1½" Durchmesser und 2" Höhe mit dichter und lockerer Erde. Je eines derselben wurde mit dünnem Fließpapier bedeckt und jedes Glas vorher und nach der in der Zusammenstellung angegebenen Zeit gewogen. In der Zwischenzeit standen die Gläser in einem Kistchen von der Höhe der Gläser im Freien, nur bei den in folgender Uebersicht besonders angegebenen Tagen im Zimmer.

Auf 1 bad. Morgen berechnet, betrug die Verdunstung in Pfunden ausgedrückt:

---

[1]) *W. Schumacher*, Der Ackerbau. Wien. 1874. S. 159.

[2]) Landw. Correspondenzblatt f. d. Großherzogthum Baden. 1860. S. 217—248.



Zeit	Temperatur	Dichte Erde		Lockere Erde	
		unbedeckt	bedeckt	unbedeckt	bedeckt
August	0	g	g	g	g
21. Abends 5—7 Uhr	14	1852	438	1188	528
22. bis Morgens 7 Uhr	11—13	1160	780	1070	904
» Nachm. 3 Uhr	13—18	9175	2268	2966	2164
» Abends 7 Uhr	18—17	3629	1160	904	774
23. » Morgens 6 Uhr	17—11	1680	1170	826	868
» Mittags 12 Uhr	11—16	4348	1472	1382	1012
» Abends 7 Uhr	16	3833	2852	1545	1004
24. » Morgens 6 Uhr	16—12	1469	1120	556	564
» Abends 5 Uhr	12—16	3349	2689	1736	1410
Im Ganzen in 72 Stunden	—	30495	13949	12193	9228
10 Tage im Zimmer	—	21284	26546	11256	12746

In einem weiteren Versuch wurden 2 unten geschlossene Cylinder von 3,14□" Oeffnung und 11" Höhe mit Erde gefüllt und zwar ein Cylinder nur durch Einstreuen, der zweite unter leichtem Eindrücken der Erde. Den 6. September wurden die Gefäße so in den Boden gegraben, daß sie grade die Oberfläche erreichten. Bei Regen wurden sie bedeckt. Nach 6 Wochen hatte I mit lockerer Erde 16, II mit dichter Erde 53 g verloren.

Die Erde enthielt vor dem Einfüllen 14,37, nach 6 Wochen folgende Mengen Wasser in 100 Theilen:

			I (locker)	II (dicht)
Oben	unter	oben	2,90	6,11
1"	»	»	11,27	10,54
3"	»	»	12,53	11,27
5"	»	»	13,12	11,70
7"	»	»	13,60	11,91
9"	»	»	13,81	12,08
11"	»	»	13,96	12,29.

Aus diesen Versuchen leitet *Nessler* folgende Schlußfolgerungen ab:

1. Unter sonst gleichen Verhältnissen verliert der gelockerte Boden weit weniger Wasser, als der nicht gelockerte. Es gilt dieß sowohl bei mehr lehmigem, als auch bei mehr sandigem Boden.

2. Bei der gewalzten Erde bleibt die oberste Schicht längere Zeit feucht, weil immer wieder Wasser von unten nachsteigt, sie trocknet

aber um so mehr in unteren Schichten aus. Lockere Erde trocknet schon in den ersten Stunden an der Oberfläche aus, bleibt aber einige Zoll unter der Oberfläche feuchter, als die dichte Erde.

Die hohe praktische Bedeutung der Resultate der vorstehend mitgetheilten *Nessler*'schen Versuche veranlaßte *P. Wagner*[1]) dieselben unter etwas veränderten Verhältnissen zu wiederholen. Um die durch größere Temperaturschwankungen und mitfolgende Thaubildung möglicherweise hervorgerufenen Einflüsse zu eliminiren, stellte *Wagner* die Versuche nicht im Freien, sondern im Zimmer an. Er hielt es ferner für zweckmäßig, die Versuchsverhältnisse so einzurichten, daß die von der freien oberen Bodenfläche verdunstete Feuchtigkeit in genau derselben Menge den unteren Bodenschichten wieder zugeführt wurde.

Vier cylindrische Gefäße, 11 cm hoch und 6 cm weit, wurden je mit 200 g humoser Gartenerde, welche 15 % Wasser enthielt, in der Weise gefüllt, daß durch die Mitte dieser Erdschicht hindurch ein 5 mm weites, 130 mm langes Glasrohr, vor dem Einfüllen in die Cylinder gestellt, bis auf den Boden des Gefäßes reichte. Die Erde wurde bei

Nr. 1 locker eingeschüttet; die Höhe der Schichtung betrug 9,5 cm;
Nr. 2 fest eingedrückt; Höhe der Schicht 6,2 cm.

Um bei allen Gefäßen einen gleich hohen freien, von Erde nicht erfüllten Gefäßrand zu bekommen, wurde bei 1 der Rand der Cylinder durch Umkleben mit festem Papier soweit erhöht, daß er wie bei 2 drei Centimeter betrug. Nach dem Wiegen wurden die Gefäße an einen gleichmäßig warmen Ort gestellt, jeden vierten Tag wieder gewogen und genau so viel Wasser in die auf den Boden des Gefäßes hinabreichende Glasröhre getropft, als Feuchtigkeit verdunstet war. Die Resultate ergiebt die folgende Tabelle:

Datum	Verdunstung in Grammen	
	I (locker)	II (dicht)
23. Mai	4,15	5,40
27. »	2,60	6,32
31. »	2,55	5,25
4. Juni	2,75	6,47
Summa	12,05	23,44

[1]) Bericht über Arbeiten der landw. Versuchs- und Auskunftsstation zu Darmstadt. Von Dr. *P. Wagner*. 1874. S. 87—94.

Datum	Verdunstung in Grammen I (locker)	II (dicht)
	Uebertrag 12,05	23,44
8. Juni	2,40	6,20
12. »	2,10	5,30
16. »	2,54	6,10
20. »	2,41	6,21
24. »	2,38	6,04
28. »	2,64	5,91
2. Juli	2,51	6,10
6. »	2,48	6,31
10. »	2,31	7,21
14. »	2,12	7,40
18. »	2,20	7,80
22. »	2,01	8,21
	Summa 40,15	102,23.
Im Mittel von je 5 Wägungen[1]:		
27. Mai bis 8. Juni	2,48	5,91
12. Juni bis 2. Juli	2,49	6,07
6. Juli bis 22. Juli	2,22	7,38.

Auch aus diesen Zahlen ergiebt sich, daß der Boden im festen Zustande mehr Wasser verdunstet als im lockeren. *P. Wagner* führt die Ursachen dieser Erscheinung auf die im Vergleich zum lockern Boden bessere kapillare Leitung des Wassers im dichten Boden aus den tieferen Schichten an die Oberfläche, sowie auf die schnelle Abtrocknung der oberen Schichten des lockeren Bodens zurück, welch letztere durch Tieferlegung der Verdunstungsschicht und hiermit verknüpfter Verminderung des Luftwechsels die Verdunstung überhaupt wesentlich einschränke[2]).

Die Resultate der Versuche *Nessler*'s und *Wagner*'s wurden weiterhin von *A. Schleh*[3]) bestätigt. Derselbe füllte Blechgefäße (von 8 cm Höhe

[1]) Mit Ausschluß der ersten.

[2]) Vergl. *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Diese Zeitschrift. 1880. Bd. III. Heft 4/5. S. 325—333.

[3]) *A. Schleh*, Ueber die Bedeutung des Wassers in den Pflanzen und die Regulirung desselben in unseren Kulturböden. Inaug. Dissert. Leipzig.

und einer Grundfläche von 8 cm in Quadrat), die unten durchlöchert waren mit verschiedenen Erden und ließ in diesen Wasser bis zur vollkommenen Sättigung aufsaugen. Die Einrichtung war so getroffen, daß der Verlust an der Oberfläche durch kapillares Aufsteigen aus der am Grunde der Gefäße befindlichen Wasserschicht gedeckt wurde.

Folgende Tabelle enthält die gewonnenen Resultate:

Bodenart	Verdunstungszeit	Verdunstung in Grammen: locker, von der ganzen Erde	locker, pro 100 g Erde	fest, von der ganzen Erde	fest, pro 100 g Erde.
Sand . . .	24 Stunden	10,0	1,07	9,0	0,85
	24 »	5,0	0,54	8,0	0,76
	24 »	6,5	0,70	9,0	0,87
	72 Stunden	**21,5**	2,31	**26,0**	2,48
Thonige Erde	24 Stunden	6,0	0,84	9,5	1,00
	24 »	7,0	1,00	7,5	0,89
	24 »	6,0	0,86	7,0	0,83
	72 Stunden	**19,0**	2,70	**24,0**	2,72.

Neuerdings hat *S. W. Johnson*[1]) ähnliche Versuche ausgeführt. Die betreffenden Bodenarten kamen in einen Apparat (von 14 Zoll Tiefe und 2 Zoll Durchmesser [1 Zoll = 2,54 cm]), an dessen Basis sich eine auf constanter Höhe erhaltene Wasserschicht befand, aus welcher sich die Böden mit Wasser sättigen konnten, während die direkte Verdunstung aus derselben, wie in den Versuchen von *Schleh*, durch eine geeignete Vorrichtung verhindert war. Die Wägungen wurden täglich vorgenommen. Die Resultate derselben sind aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

Datum 1877	Verdunstung pro 1 □Zoll (engl.): Torf, locker g	Torf, fest g	Schmirgelstaub, locker g	Schmirgelstaub, fest g
6. — 10. November	4,89	4,97	—	—
10. — 19. »	9,92	11,21	—	—
19. — 28. »	9,37	11,52	—	—
28. Novbr. bis 7. Decbr.	7,18	9,74	9,89	17,42
Summa	**31,36**	**37,44**	—	—
Vom 26. Oktbr. bis 7. Decbr.	**37,87**	**44,66**	**9,89**	**17,42.**

[1]) *S. W. Johnson,* Studies on the Relations of Soils to Water. Annual Report of the Connecticut Agricultural Experiment-Station for 1877. New Haven. U. S. 1878, p. 76—81.

Die mit großer Uebereinstimmung aus den mitgetheilten Untersuchungen sich ergebende Thatsache, daß der Boden bei dichtem Gefüge mehr Wasser verdunstet, als bei lockerem, hat zu der Ansicht geführt, daß das Walzen des Ackerlandes zu einer bedeutenden Austrocknung desselben führe und daher bei länger andauernder Trockenheit von schädlicher Wirkung auf die angebauten Gewächse sei.

Eine solche Schlußfolgerung läßt sich jedoch bei näherer Prüfung nicht als berechtigt anerkennen. Wäre der Wassergehalt des Bodens nur abhängig von der Verdunstung an der Oberfläche, so würde gegen den aufgestellten Satz allerdings Nichts einzuwenden sein. Wenn man aber berücksichtigt, daß der Wassergehalt noch von vielen anderen Faktoren (Wasserkapacität, Wasserleitung resp. Durchlässigkeit für Wasser) beeinflußt wird, so wird man auch in der Annahme nicht fehlgehen, daß Schlüsse, wie die angeführten, aus unzureichenden Grundlagen gezogen sind, wenigstens, daß dieselben nicht vollständig den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Verdunstet in der That der feste Boden mehr als der lockere, so bleibt doch immer die Frage offen, ob die übrigen Faktoren, welche die Feuchtigkeitsverhältnisse der Ackererde bedingen, nicht den Einfluss der Verdunstung aufheben oder übertreffen. Unter natürlichen Verhältnissen treten die atmosphärischen Niederschläge zum Boden und das in letzteren eindringende Wasser wird offenbar in sehr verschiedenem Grade von demselben festgehalten und vor der Absickerung geschützt, je nach der mehr oder weniger dichten Zusammenlagerung der Bodentheilchen. Ob hierdurch möglicherweise der Einfluß der Verdunstung in bezeichneter Richtung abgeschwächt werden könnte, darüber geben die angezogenen Untersuchungen keinen Aufschluß. Eine Untersuchung, welche den Einfluß eines einzelnen Faktors zum Ziele nimmt, genügt jedenfalls nicht, um ein den Gesammtverhältnissen entsprechendes Ergebniß zu gewinnen. Daher können die mitgetheilten Versuche — so bemerkenswerth dieselben im Uebrigen für die Bodenkunde sind — einen endgültigen Bescheid auf die Frage nicht geben, ob die Ackererde im dichten Zustande höhere oder niedere Feuchtigkeitsmengen enthalte, als im lockeren. Um hierin zu einem sicheren Schlusse zu gelangen, wird man die Veränderungen, welche der Boden bezüglich seines Verhaltens dem Wasser gegenüber unter dem Einfluß des Lockerns resp. des Walzens erfährt, bis in's Detail feststellen müssen. Nur so wird man zu Folge-

rungen gelangen, welche mit den realen Verhältnissen, wie sie in die Erscheinung treten, in Einklang zu bringen sind. Referent wurde hiervon im hohen Grade bestärkt, als er bestrebt war, die vorliegende Frage experimentell einer Entscheidung entgegen zu führen.

Die erste Veranlassung zu diesen Versuchen gaben, abgesehen von den vorbezeichneten Erwägungen, einige Beobachtungen von *W. Schumacher*[1]), aus welchen hervorging, daß das Walzen den Wassergehalt des Bodens erhöht oder nur unwesentliche Unterschiede in demselben hervorruft.

Ein zuvor gestürzter, mit Rapsstoppeln versehener, stärker gebundener, aber gut durchlässiger Lehmboden wurde geeggt und dann zum Theil mit einer Ringelwalze zweimal überfahren. Am Tage nach dem Walzen fiel mehrstündiger Regen, dann herrschte trockenes, helles Wetter mit starker Hitze. Sechs Tage nach dem Walzen wurden an der Grenze des gewalzten und nicht gewalzten Terrains mehrere Erdproben ausgehoben und bei 110° C. getrocknet.

Auf 100 Gramm trockene Erde kamen Gramm Wasser:

		Nicht gewalzt	Mittel	Gewalzt	Mittel
An der Oberfläche	I.	2,98	2,68	1,92	1,92
	II.	2,28		1,92	
In 5—6 Zoll Tiefe	I.	9,43	9,77	11,96	11,88
	II.	9,31		11,76	
	III.	11,12		11,84	
	IV.	9,21		11,95	
An einer anderen Stelle des Feldes wurde gefunden in 5—6 Zoll Tiefe			9,20		11,63.

In einem weiteren Versuch wurde ein Pferdebohnenstoppel Mitte August tief gepflügt, Ende August und Anfang September dreimal zum Theil gewalzt. Bis zum 2. Oktober, wo die Probenahme stattfand, war das Wetter sehr regnerisch. Zwei Tage vor der Untersuchung hatte es geregnet; dem Regen waren aber 3—4 helle und trockene Tage vorausgegangen.

---

[1]) *W. Schumacher*, Der Ackerbau. Wien. 1874. S. 162—164.



Auf 100 Gramm trockene Erde kamen Gramm Wasser:

	Nicht gewalzt	Gewalzt
An der Oberfläche	16,06	16,27
In 4—5 Zoll Tiefe	**15,94**	**15,67.**

Auf einem Weizenstoppel wurde in ähnlicher Weise wie im vorigen Versuch verfahren und hier auf 100 Gramm trockene Erde folgende Wassermengen gefunden:

	Nicht gewalzt	Gewalzt
In 4—6 Zoll Tiefe	**21,05**	**20,48.**

Können auch diese Versuche wegen ihrer geringen Zahl keinen Anspruch auf eine endgültige Entscheidung vorliegender Frage erheben, so zeigen sie doch, daß die aus den obigen Verdunstungsversuchen gezogenen Schlußfolgerungen nicht für alle Verhältnisse maßgebend sein können. Verläßlichere Anhaltspunkte dürften die Ergebnisse der nachstehend beschriebenen Versuche des Referenten liefern.

Versuchsreihe I (1875—1879).

Wassergehalt des Bodens im dichten und im lockeren Zustande während der Vegetationszeit.

In dieser Reihe wurden im Ganzen vier Versuche nach verschiedenen Methoden mit verschiedenen Bodenarten ausgeführt. In Versuch I (1875) und II (1876) wurden auf drei, 25 □m großen und aus verschiedenen Bodenarten künstlich hergestellten Ackerflächen je 2 Parcellen von 4 □m Grundfläche durch Einsenken von starken Brettern bis auf 25 cm Tiefe gebildet. Die betreffenden Bodenarten besaßen ebenfalls nur eine Mächtigkeit von 25 cm und ruhten auf einem aus Kalksteingeröll bestehenden und deshalb außerordentlich durchlassendem Untergrunde auf. Die Erde wurde im Herbst umgegraben, blieb im Winter in rauher Furche liegen und wurde im Frühjahr noch einmal mit dem Spaten bearbeitet. Die Oberfläche wurde mittelst des Rechens geebnet und hierauf der Boden von je einer Parcelle bei jeder Bodenart durch Auflegen von Brettern und festes Niederdrücken derselben um ca. 15—18 % des Volumens zusammengepreßt.

Die zu untersuchenden Bodenproben wurden vermittelst eines Erdbohrers bis zu 18 cm Tiefe ausgehoben, möglichst rasch in ein Glas gethan und nach Durchmischung ihrer Bestandtheile zwischen zwei, durch eine Messingklammer zusammengehaltene, auf einander geschliffene Uhr-

gläser gebracht und gewogen. Das Trocknen der Proben geschah in allen Versuchen bei 105 °C., bis keine Abnahme mehr durch Wägen constatirt werden konnte.

Den Wassergehalt ergeben folgende Tabellen:

Versuch I (1875).

Datum	Reiner Kalksand		Lehm		Ackererde	
	dicht %	locker %	dicht %	locker %	dicht %	locker %
4. Juni	10,09	7,48	14,43	15,29	—	—
7. »	12,33	9,96	16,66	17,38	21,49	21,74
14. »	7,67	7,34	14,29	15,01	17,98	15,69
30. Juli	10,80	10,00	16,31	16,99	19,87	19,84
11. August	9,78	9,68	17,41	15,10	21,27	20,54
13. »	8,34	9,06	13,55	14,38	19,20	19,29
19. »	6,36	6,87	13,91	13,26	17,08	16,36
4. Septbr.	10,98	12,23	18,22	18,56	22,84	22,70
14. »	5,78	6,39	14,91	15,02	16,25	14,61
3. Oktober	11,39	11,33	18,09	17,50	23,14	22,34
Mittel	**9,35**	**9,03**	**15,78**	**15,85**	**19,90**	**19,23**

Versuch II (1876).

Datum	Reiner Kalksand dicht %	Reiner Kalksand locker %	Lehm dicht %	Lehm locker %	Ackererde dicht %	Ackererde locker %
28. April	13,03	12,23	17,64	17,04	21,94	21,00
18. Mai	9,82	10,15	13,89	14,24	19,69	19,19
30. »	12,42	10,55	15,45	15,58	20,25	19,27
13. Juni	15,36	13,90	19,91	20,06	24,38	24,12
7. Juli	10,66	12,81	14,20	13,79	19,20	19,42
16. »	7,20	7,44	12,55	13,39	16,53	14,82
23. »	7,09	6,45	13,34	14,53	16,99	14,44
15. August	4,08	4,65	11,44	10,69	11,29	10,12
16. Oktober	10,18	8,59	13,95	13,82	16,58	16,34
Mittel	**9,98**	**9,64**	**14,71**	**14,79**	**18,54**	**17,64**

Sieht man von Nebenumständen ab, so zeigen diese Zahlen, mit Ausnahme der bei dem Lehm gewonnenen, welche keine Unterschiede erkennen lassen, daß der dichte Boden größere Mengen von Wasser enthält, als der lockere, daß aber die bezüglichen Differenzen nicht sehr groß sind. Indessen bleibt hierbei zu berücksichtigen, daß in vorstehenden Zahlen der Wassergehalt auf das Gewicht des Bodens bezogen ist und daß dieselben daher keine genügende Antwort auf die gestellte Frage geben können, insofern als in Rücksicht darauf, daß die Pflanzen zu ihrer Entwickelung, nicht so sehr eine bestimmte Gewichtsmenge, als ein

genügendes Volumen Boden[1]) beanspruchen, nur auf das Volumen berechnete Zahlen als maßgebend anzusehen sind. Eine solche Berechnung, wie sie mit vollem Recht zuerst von *A. Mayer*[2]) bezüglich der Wassercapacität und dann von *A. von Liebenberg*[3]) für die Feststellung auch anderer physikalischer Eigenschaften des Bodens vorgeschlagen wurde, ist bei den beiden beschriebenen Versuchen nicht möglich, da das Bodenvolumen nicht genau bekannt war. Zieht man jedoch in Betracht, daß der Wassergehalt unter sonst gleichen Verhältnissen, volumprocentisch um so größer ist, je kleiner das Volumen, und daß der dichte Boden in vorstehenden Versuchen vorerst einen ca. 15 %, durch das vergleichsweise stärkere Sichsetzen des lockeren Bodens gegen Ende des Versuchs aber sicherlich noch einen 8—10 % kleineren Raum einnahm, als der letztere, so stellen sich durchschnittlich die Feuchtigkeitsmengen mit Beziehung auf das Volumen bei dem festen Boden, selbst bei dem Lehm, nicht unbeträchtlich höher, als bei dem lockeren.

Behufs direkter Feststellung dieser Verhältnisse hat sich Referent veranlaßt gefunden, zwei weitere Versuche auszuführen, welche es gestatteten, sowohl das Volumen der Böden als auch den absoluten Wassergehalt derselben bei verschieden dichter Lagerung der Bodentheilchen zu bestimmen und aus beiden Größen die volumprocentischen Feuchtigkeitsmengen zu berechnen.

Versuch III (1878).

In diesem Versuch kamen Zinkkästen in Verwendung von einem Querschnitt von 20 cm im Quadrat und 30 cm Höhe. Der Boden war durchlöchert. Bei dem Einfüllen wurde der letztere mit grobem Fließpapier bedeckt und mit den betreffenden Erden theils im lockeren, theils im festen Zustande beschickt. Innerhalb einer und derselben Bodenart waren die Quantitäten dem Gewicht nach gleich und zwar betrug das Gewicht des

1) bröckligen Lehmes 12195 g
2) pulverförmigen Lehmes 12960 »

---

[1]) Vergl. *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß des Standraumes auf die Entwickelung und die Erträge der Kulturpflanzen. Journ. f. Landw. 1881. S. 25—62, 217—255, 493—535.

[2]) *A. Mayer*, Ueber das Verhalten erdartiger Gemische gegen das Wasser. Landw. Jahrbücher. 1874. III. S. 753.

[3]) *A. von Liebenberg*, Untersuchungen über die Bodenwärme. Habilitationsschrift. Halle. 1875.

3) humosen Kalksandes 12245 g
4) reinen » 14390 ».

Nr. 1, 3 und 4 waren feucht, Nr. 2 war lufttrocken. Die Wasserbestimmung ergab in 100 Theilen Boden bei

	brökl. Lehm	pulverf. Lehm	humos. Kalksand	rein. Kalksand
Theile Wasser:	17,78	4,78	21,92	13,01.

Es betrug demnach die absolute Menge des trockenen Bodens in Grammen:

10027 12340 9561 12518.

Nachdem die Gefäße gefüllt waren, wurden sie einen Monat vor Beginn des Versuchs in einen, in Fächer von 20,5 cm im Quadrat getheilten und bis zum Rande in die Erde gegrabenen, unten offenen und auf dem aus durchlässigem Kalksteingeröll bestehenden Untergrund aufruhenden Holzkasten von 29 cm Tiefe derart gestellt, daß sie mit ihrem Rande 1 cm über denjenigen des letzteren hervorragten und allen Witterungsverhältnissen ausgesetzt waren. Die vom Boden nicht aufgenommenen Wässer drangen durch den durchlöcherten Boden der Gefässe in den Untergrund und es blieb daher immer so viel Wasser in dem Erdreich zurück, als dasselbe vermöge seiner physikalischen Beschaffenheit festzuhalten vermochte. Um diese Wassermengen zu bestimmen, wurden die Kästen nach sorgfältiger Abtrocknung der äußeren Wände alle 8 Tage gewogen. Da das Gewicht des trockenen Bodens bekannt war, so gab die Differenz zwischen diesem und dem bei jeder Wägung gefundenen den absoluten Wassergehalt an.

Das Volumen des Bodens wurde in folgender Weise ermittelt Vor jeder Wägung wurde über den Rand der Gefäße ein vollkommen ebenes, aus hartem Holz hergestelltes Brettchen gelegt und der Abstand der Unterseite desselben von der Bodenoberfläche an verschiedenen Stellen mittelst eines in Millimeter getheilten Stäbchens, welches an dem unteren Ende, um das Eindringen in den Boden zu verhindern, mit einer kleinen Platte versehen war, gemessen. Das arithmetische Mittel aus den gewonnenen Zahlen von 30 cm abgezogen ergab die Tiefe der Bodenschicht, und diese mit dem Querschnitt (400 □cm) multiplicirt das Volumen des Bodens. Aus letzterem und den absoluten Wassermengen ließ sich dann leicht der volumprocentische Wassergehalt berechnen.

In den folgenden Tabellen sind die gewonnenen Daten enthalten:

A.
Absolute Wassermengen im Boden.

Datum	Lehm bröcklig		Lehm pulverförmig		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand	
	dicht ccm	locker ccm	dicht ccm	locker ccm	dicht ccm	locker ccm	dicht ccm	locker ccm
9. Mai	4733	4733	5850	5670	5229	5119	4092	4002
16. »	4483	4373	5510	5530	5069	4939	3812	3612
23. »	4273	4153	4800	4770	4969	4819	3172	3112
31. »	4573	4403	5520	5790	5139	5039	3842	3712
6. Juni	4903	4803	6020	6360	5509	5489	4252	4212
13. »	4693	4173	4980	5330	5029	5029	3242	3212
21. »	4293	4183	4710	4930	4969	4979	2962	3072
27. »	4423	4323	4980	5180	5059	5039	3242	3342
4. Juli	4793	4603	5330	5340	5349	5339	3652	3852
11. »	4473	4393	5470	5580	5179	5189	3792	3642
18. »	4293	4203	5210	5260	4990	5049	3522	3252
25. »	4073	3933	4380	4360	4809	4829	2702	2752
1. August	4613	4493	5580	5680	5329	5369	4062	3892
8. »	4433	4243	5260	5320	5139	5189	3602	3352
16. »	4633	4533	5580	5700	5409	5439	4033	3732
22. »	4593	4513	5550	5680	5349	5419	3992	3772
29. »	4713	4613	5730	5780	5569	5619	4152	3992
5. Septbr.	4333	4203	5440	5510	5169	5299	3742	3462
12. »	4413	4273	5450	5530	5219	5309	3692	3252
19. »	4423	4313	5460	5540	5199	5319	3832	3572
Mittel	**4254**	**4186**	**5345**	**5442**	**5184**	**5191**	**3669**	**3540**

B.
Volumen der Böden.

9. Mai	9120	9360	9160	10040	9600	10480	8320	10600
16. »	8960	9120	9000	9920	9480	10200	8320	10400
23. »	8880	9080	8960	9920	9480	10080	8320	10400
31. »	8840	9080	8960	9920	9480	10080	8320	10400
6. Juni	8680	9000	8920	9640	9440	9960	8320	10160
13. »	8560	9000	8800	9520	9400	9960	8320	10160
21. »	8560	8880	8800	9440	9360	9880	8320	10040
27. »	8560	8880	8800	9440	9320	9680	8240	9960
4. Juli	8400	8800	8800	9440	9280	9560	8240	9840
11. »	8360	8640	8800	9440	9240	9560	8240	9840
18. »	8320	8600	8800	9400	9200	9520	8240	9840
25. »	8320	8600	8800	9320	9160	9480	8240	9840
1. August	8320	8600	8800	9320	9160	9360	8240	9840
8. »	8320	8600	8800	9240	9120	9280	8240	9840
16. »	8320	8600	8800	9240	9080	9240	8240	9760
22. »	8320	8600	8800	9240	9000	9240	8240	9720
29. »	8240	8520	8800	9240	8960	9120	8240	9680
5. Septbr.	8160	8480	8760	9240	8920	9040	8240	9600
12. »	8160	8480	8760	9240	8840	8960	8240	9560
19. »	8120	8480	8760	9240	8720	8800	8240	9400

C.

Volumprocentischer Wassergehalt der Böden.

Datum	Lehm bröcklig		Lehm pulverförmig		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand	
	dicht %	locker %	dicht %	locker %	dicht %	locker %	dicht %	locker %
9. Mai	51,89	50,57	63,86	56,47	54,47	48,84	49,18	37,75
16. »	50,00	47,95	61,22	55,74	53,47	48,42	45,82	34,73
23. »	48,12	45,74	53,57	48,09	52,42	47,81	38,13	29,92
31. »	51,77	48,49	61,61	58,36	54,21	50,00	46,18	35,70
6. Juni	56,49	53,37	67,48	65,97	58,36	55,11	51,15	41,45
13. »	54,82	46,37	56,59	57,04	53,50	50,49	38,96	31,71
21. »	50,15	47,11	53,52	52,22	53,08	50,39	35,60	30,59
27. »	51,67	48,57	56,59	54,87	54,28	52,05	39,34	33,56
4. Juli	57,06	52,31	60,57	56,57	57,64	55,85	44,32	39,15
11. »	53,50	50,84	62,16	59,11	56,05	54,28	46,02	37,01
18. »	51,59	48,87	59,20	55,96	54,24	53,03	42,74	33,05
25. »	48,95	45,73	49,76	46,78	52,50	50,91	32,79	27,97
1. August	55,44	52,24	63,41	60,94	58,18	57,36	49,17	39,55
8. »	53,28	49,34	59,77	57,57	56,35	55,70	43,71	34,07
16. »	55,68	52,71	63,41	61,69	59,57	58,86	48,94	38,24
22. »	55,20	52,48	63,08	61,47	59,43	58,64	48,44	38,81
29. »	57,07	54,14	65,11	62,55	62,15	61,61	50,39	41,24
5. Septbr.	53,10	49,57	62,10	59,63	57,95	58,62	45,41	36,07
12. »	54,08	50,39	62,21	59,85	62,46	59,25	44,80	34,02
19. »	54,47	50,86	62,33	59,96	59,61	60,44	46,50	38,00
Mittel	**53,26**	**49,88**	**60,37**	**57,54**	**56,49**	**54,39**	**44,38**	**35,62**

Versuch IV (1879).

Zu den Untersuchungen wurden 5 Bodenarten[1]) von verschiedenem physikalischen Verhalten benutzt.

1) Lehm, Ziegellehm von Berg am Laim (bei München).

2) Humoser Kalksand, die gewöhnliche Ackererde des Versuchsfeldes.

3) Reiner Kalksand, aus der Isar stammend, zum größten Theil aus kohlensaurem Kalk bestehend.

4) Quarzsand, aus Nürnberg, ausschließlich aus Quarzkörnern bestehend.

5) Torf, in Form groben Pulvers, aus Schleissheim (bei München).

Nach der mechanischen Analyse zeigten diese Bodenarten folgende Zusammensetzung:

---

[1]) Dieselben wurden zum Theil auch in Versuch I—III angewendet.



	Maschen-weite der Siebe mm	Lehm %	Humoser Kalksand %	Reiner Kalksand %	Maschen-weite der Siebe mm	Quarz-sand %
I. Grobkies	6,75	1,055	9,305	0,458	5,00	0,00
II. Mittelkies	4,00	0,141	5,716	0,099	2,50	0,15
III. Feinkies	2,50	0,297	4,344	0,232	1,00	6,45
IV. Grobsand	0,70	1,906	11,175	1,103	0,50	40,40
V. Mittelsand	0,30	4,133	12,232	10,385	0,25	42,15
VI. Feinsand	—	58,705	32,562	80,519	—	9,74
VII. Abschlämmbare Theile	—	33,763	24,666	7,204	—	1,11

Mit diesen Bodenarten wurde wie folgt verfahren: Die gewöhnliche Ackererde des Versuchsfeldes, beiläufig von 18—20 cm Mächtigkeit, wurde bis zu dem aus Kalksteingeröll bestehenden Untergrunde und von letzterem noch eine Schicht von 5 cm ausgehoben. Aus den so entstandenen Gruben wurden durch Einsenkung kastenförmiger Holzrahmen aus 25 cm breiten Brettern quadratische Parcellen 2 □m groß, gebildet. Seitwärts waren diese demnach von Brettern, an der Basis von dem zuvor geebneten Untergrund begrenzt. Außerhalb wurde an den Brettern die Ackererde derart wieder aufgeschüttet und mit der stehengebliebenen Fläche in gleiches Niveau gebracht, daß der Rand der Kästen 2 cm über der Oberfläche fortstand. Auf dem außerhalb der Wand befindlichen Boden wurde eine Grasdecke durch Ansamung hergestellt.

In die Kästen wurden die Böden im feuchten Zustande, nachdem sie den Winter über in rauher Furche dem Frost ausgesetzt gewesen waren, im April locker eingefüllt. Nach etwa 14 Tagen wurde der bis zum Rande des Kastens durch das Sichsetzen des Bodens entstandene Raum nachgefüllt und die Oberfläche geebnet. Auf einer Parcelle von jeder Bodenart wurde durch Auflegen eines Brettes und Niederstampfen desselben vermittelst eines schweren Holzpfahles der Boden zusammengepreßt, während er auf der anderen unverändert blieb.

Die Menge des in jeden Kasten gefüllten Bodens wurde durch Wägen festgestellt. Je 2 Parcellen einer und derselben Bodenart erhielten gleiche Gewichtsmengen derselben. Es betrug das Gewicht des

Lehmes	humos. Kalksandes	reinen Kalksandes	Quarzsandes	Torfes
650 kg	550 kg	675 kg	700 kg	300 kg.

Gleichzeitig wurden Wasserbestimmungen ausgeführt, welche folgendes Resultat lieferten:

17,65 %	21,03 %	14,04 %	2,93 %	56,35 %.

Die Menge des trockenen Bodens stellte sich danach auf

Lehm	humos. Kalksand	reinen Kalksand	Quarzsand	Torf
553,275 kg	434,335 kg	580,730 kg	679,490 kg	130,950 kg.

Das Volumen wurde in derselben Weise wie in dem vorigen Versuch ermittelt. Die bezüglichen Messungen führten zu folgendem Ergebniß:

Datum	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Quarzsand		Torf	
	dicht Liter	locker Liter	dicht Liter	locker Liter	dicht Liter	locker Liter	dicht Liter	locker Liter	dicht Liter	locker Liter
7. Juni	418	444	394	448	408	470	422	480	434	520
7. Juli	418	436	384	434	408	456	420	456	434	512
7. August	416	428	376	420	408	448	418	448	434	506
7. Sept.	414	422	368	408	408	442	416	440	434	500

Während der Vegetationszeit, vom 26. Mai bis 1. Oktober, wurde ca. alle 10 Tage bei sämmtlichen Böden der Wassergehalt nach der bei Versuch I und II angegebenen Methode bestimmt. Da die Quantität des trockenen Bodens bekannt war, so konnte aus den Ermittelungen der Wasserbestimmungen die absolute Menge des Wassers auf den verschiedenen Parcellen, und hieraus der procentische Wassergehalt auf das Volumen leicht berechnet werden.

Die nachstehenden Tabellen geben über die auf diese Weise gewonnenen Resultate nähere Auskunft:

A.

Absolute Wassermengen im Boden.

Datum	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Quarzsand		Torf	
	dicht kg	locker kg	dicht kg	locker kg	dicht kg	locker kg	dicht kg	locker kg	dicht kg	locker kg
26. Mai	107,545	100,520	126,525	115,595	100,630	97,455	36,060	24,570	166,785	127,485
6. Juni	112,095	111,350	138,590	130,175	101,840	99,920	39,695	29,195	174,080	154,530
24. »	117,815	114,250	129,225	131,790	96,270	88,080	36,970	34,110	156,155	118,525
4. Juli	121,420	123,280	149,685	147,330	117,430	116,340	52,090	40,235	182,025	150,540
15. »	134,990	142,375	157,565	161,070	133,835	127,735	54,935	43,985	208,030	219,930
5. Aug.	106,465	105,545	122,290	124,440	70,015	65,170	34,635	25,300	153,205	155,340
22. »	115,830	119,735	138,285	129,885	109,710	102,040	45,995	35,460	177,455	176,280
1. Sept.	124,010	130,905	152,045	148,820	104,495	104,820	47,860	31,125	185,815	200,650
12. »	119,335	120,460	145,435	146,245	100,875	92,340	44,370	37,195	—	—
1. Okt.	119,335	131,070	139,880	143,620	114,920	110,535	43,445	29,935	197,490	199,565
Mittel	117,884	119,949	139,952	137,897	105,002	100,443	43,605	33,111	177,894	166,982

B.

Gewichtsprocentischer Wassergehalt der Böden.

Datum	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Quarzsand		Torf	
	dicht %	locker %	dicht %	locker %	dicht %	locker %	dicht %	locker %	dicht %	locker %
26. Mai	16,73	15,81	22,47	21,02	14,77	14,37	5,04	3,49	53,85	49,33
6. Juni	17,47	17,22	24,19	23,06	14,92	14,68	5,52	4,12	57,07	54,13
24. »	18,04	17,59	22,93	23,28	14,22	13,17	5,16	4,78	54,39	47,51
4. Juli	18,49	18,72	25,63	25,33	16,82	16,69	7,12	5,59	58,16	53,48
15. »	20,14	21,01	26,62	27,05	18,73	18,03	7,48	6,08	61,37	62,68
5. August	16,59	16,47	21,97	22,27	10,76	10,09	4,85	3,95	53,97	54,26
22. »	17,79	18,28	24,15	23,02	15,89	14,99	6,84	4,96	57,54	57,41
1. Sept.	18,81	19,65	25,93	25,52	15,25	15,39	6,58	4,38	58,66	60,51
12. »	18,23	18,51	25,11	25,19	14,80	13,72	6,13	5,19	—	—
1. Oktbr.	18,23	19,67	24,36	24,59	16,52	15,99	6,01	4,22	60,13	60,38
Mittel	**18,05**	**18,29**	**24,34**	**24,03**	**15,27**	**14,71**	**6,02**	**4,68**	**57,24**	**55,52**

C.

Volumprocentischer Wassergehalt der Böden.

26. Mai	25,73	22,64	32,08	25,80	24,66	20,73	8,54	5,12	38,43	24,52
6. Juni	26,82	25,08	35,17	28,28	24,96	21,26	9,41	6,08	40,11	29,72
24. »	28,18	25,73	32,79	29,42	23,59	18,74	8,76	7,10	35,97	22,79
4. Juli	29,05	28,28	38,98	33,93	28,78	25,51	12,40	8,82	41,94	29,40
15. »	32,29	32,63	41,03	39,42	32,80	28,01	13,08	9,64	47,93	42,59
5. August	25,59	24,66	32,52	29,63	17,16	14,68	8,28	5,67	35,30	30,70
22. »	27,84	27,98	36,77	30,92	26,89	22,98	11,00	7,89	40,89	34,84
1. Sept.	29,95	31,03	41,32	36,47	25,61	23,72	11,50	7,07	42,81	40,13
12. »	28,83	28,54	39,25	35,84	24,72	20,89	10,67	8,45	—	—
1. Oktbr.	28,82	31,05	38,01	35,20	28,19	25,01	10,44	6,80	45,50	39,91
Mittel:	**28,31**	**27,76**	**36,79**	**32,49**	**25,74**	**22,15**	**10,39**	**7,26**	**40,99**	**32,73**

Aus sämmtlichen vorstehenden Zahlen ergiebt sich,

1) daß der Wassergehalt des Bodens, bezogen auf das Volumen, im dichten Zustande höher ist, als im lockeren und
2) daß die betreffenden Unterschiede um so größer sind, je grobkörniger der Boden und je geringer in Folge dessen seine Wasserkapacität ist.

Setzt man nämlich den Wassergehalt des dichten Bodens = 100, so betrug derjenige des lockeren

Versuch III.

Humoser Kalksand	96,3
Lehm, pulverförmig	95,3
» bröcklig	93,6
Reiner Kalksand	80,3

Versuch IV.

Lehm	98,1
Humoser Kalksand	88,3
Reiner »	86,1
Torf	79,8
Quarzsand	69,9

Versuchsreihe II (1875, 1876, 1880).

Einfluß des Lockerns auf den Wassergehalt des Bodens.

Die folgenden Versuche wurden in derselben Weise und mit genau denselben Bodenmaterialien eingeleitet, wie die correspondirenden der Versuchsreihe I. Es wurden eben nur weitere Parcellen bei jeder Bodenart angelegt, welche entweder gar nicht oder ein-, zwei- oder dreimal mittelst des Spatens gelockert und mit dem Rechen oberflächlich geebnet wurden. Die übrigen Verhältnisse weisen die folgenden Tabellen nach:

Versuch I (1875).

Gewichtsprocentischer Wassergehalt des Bodens

		a) Ackererde			
		30. Juli	13. Aug.	17. Aug.	Mittel
Einmal (am 24/IV) gelockert		22,88	21,43	21,63	**21,98**
Zweimal (am 24/IV u. 16/VII) gelockert		20,28	20,83	19,61	**20,24**
Dreimal (am 24/IV, 2/VI u. 28/VII) gelockert		18,46	20,55	17,51	**18,84**
		b) Reiner Kalksand			
	19. Aug.	4. Sept.	14. Sept.	3. Okt.	
Einmal (am 5/VIII) gelockert	6,87	12,23	6,39	11,33	**9,20**
Zweimal (am 5/VIII u. 16/VIII) gelockert	7,39	13,07	7,15	11,56	**9,79**
		c) Lehm			
Einmal (am 5/VIII) gelockert	13,26	18,56	14,02	17,50	**15,83**
Zweimal (am 5/VIII u. 16/VIII) gelockert	11,33	17,77	12,39	18,69	**15,04.**

Versuch II (1876).

Gewichtsprocentischer Wassergehalt des Bodens

			a. Ackererde			
	7. Juli	16. Juli	23. Juli	15. Aug.	16. Okt.	Mittel
Einmal (a. 15/IV) gelockert	19,42	14,82	14,44	10,12	16,34	**15,03**
Zweimal (a. 15/IV u. 30/VI) gelockert	17,75	14,28	13,91	11,43	17,49	**14,97**
			b) Reiner Kalksand			
Einmal (a. 15/IV) gelockert	12,81	7,44	6,45	4,65	8,59	**7,99**
Zweimal (a. 15/IV u. 30/VI) gelockert	9,16	7,69	7,75	5,70	9,80	**8,02**
			c) Lehm			
Einmal (a. 15/IV) gelockert	13,79	13,39	14,53	10,69	13,82	**13,24**
Zweimal (a. 15/IV u. 30/VI) gelockert	15,04	12,14	12,97	9,54	10,18	**11,97.**

Wenngleich die vorstehenden Zahlen, mit Ausnahme der bei dem Kalksande gewonnenen, dafür sprechen, daß durch das Lockern des Bodens der Wassergehalt desselben vermindert wird, so sind sie doch nicht streng beweisend, da der Wassergehalt auf das Gewicht und nicht auf das Volumen bezogen wurde. Ein dritter Versuch sollte hierüber näheren Aufschluß geben.

Versuch III (1880).

Dieser Versuch wurde mit den in Versuchsreihe I Versuch IV angegebenen Bodenarten ausgeführt. Der gewichtsprocentische Wassergehalt betrug

		Einmal	Zweimal	Dreimal	Viermal
			gelockert		
		(am 15/III)	(am 15/III u. 1/IV)	(am 15/III, 1/IV u. 15/IV)	(am 15/III, 1/IV, 15/IV u. 1/V)
8. Juni	Lehm	17,86	18,26	17,86	18,48
	Humoser Kalksand	22,37	22,71	21,72	20,71
	Reiner »	13,47	14,13	13,36	12,88
	Quarzsand	4,28	4,82	3,76	3,42
	Torf	57,75	58,61	56,14	54,11
		(am 9/VI)	(am 9/VI u. 23/VI)	(am 9/VI, 23/VI u. 7/VII)	(am 9/VI, 23/VI, 7/VII u. 21/VII)
27. Juli	Lehm	17,37	16,98	16,09	16,86
	Humoser Kalksand	23,07	22,13	19,82	17,68
	Reiner »	11,37	11,73	12,15	12,32
	Quarzsand	4,28	5,18	3,95	3,36
	Torf	52,00	53,40	55,03	50,96.

Die Messungen des Volumens, welche nach der in dem angezogenen Versuch angewandten Methode am 8. Juni und 4. August ausgeführt wurden, lieferten folgendes Resultat:

		Einmal	Zweimal	Dreimal	Viermal
			gelockert		
		Liter	Liter	Liter	Liter
8. Juni	Lehm	420	428	440	454
	Humoser Kalksand	404	432	456	488
	Reiner »	500	500	500	500
	Quarzsand	460	468	482	488
	Torf	456	464	500	508
4. August	Lehm	388	424	428	448
	Humoser Kalksand	394	426	468	486
	Reiner »	464	468	468	472
	Quarzsand	470	486	486	490
	Torf	460	484	488	496.

Aus dem gewichtsprocentischen Wassergehalt, dem Gewicht[1]) und dem Volumen des Bodens berechnet sich der absolute Wassergehalt wie folgt:

		Einmal	Zweimal	Dreimal	Viermal
		gelockert			
		kg	kg	kg	kg
8. Juni	Lehm	120,051	123,596	120,051	125,423
	Humoser Kalksand	124,992	128,914	120,513	113,445
	Reiner »	90,402	95,561	89,550	85,856
	Quarzsand	30,382	34,499	26,547	24,061
	Torf	178,990	185,431	167,613	154,406
27. Juli	Lehm	116,306	113,161	106,092	112,187
	Humoser Kalksand	130,249	124,719	107,364	93,283
	Reiner »	74,501	77,172	80,317	81,599
	Quarzsand	30,382	37,120	27,944	23,624
	Torf	141,862	149,415	160,963	136,077.

Berechnet man hiernach den volumprocentischen Wassergehalt, so erhält man folgende Zahlen:

		Einmal	Zweimal	Dreimal	Viermal
		gelockert			
		%	%	%	%
8. Juni	Lehm	28,58	28,88	27,29	27,62
	Humoser Kalksand	30,94	29,84	26,29	23,24
	Reiner »	18,08	19,11	17,91	17,17
	Quarzsand	6,60	7,35	5,51	4,93
	Torf	39,25	39,96	33,52	30,39
27. Juli	Lehm	29,97	26,69	24,79	25,04
	Humoser Kalksand	33,05	29,28	22,94	19,19
	Reiner »	16,06	16,49	17,16	17,28
	Quarzsand	6,47	7,64	5,75	4,82
	Torf	30,84	30,87	32,98	27,89.

Aus diesen Zahlen geht im Allgemeinen[2]) hervor,

daß der Wassergehalt des Bodens durch das Lockern herabgedrückt wird.

---

[1]) Vergl. hierüber die S. 15 unten angegebenen Zahlen.

[2]) Eine Ausnahme macht der reine Kalksand in dem Versuch vom 27. Juli. Die Ursache dieser Abweichung ist möglicher Weise auf die außerordentlich verschiedene Abtrocknung der Oberfläche dieser Bodenart in verschieden dichtem Zustande zurückzuführen. Der lockere Boden trocknete oberflächlich außerordentlich schnell aus, während der dichte sich in den oberen Schichten während des bezeichneten Zeitraumes länger feucht erhielt.

Die aus beiden Versuchsreihen gezogenen Schlußfolgerungen bestätigen die in der landwirthschaftlichen Praxis bestehende Ansicht, daß der dichte (gewalzte) Boden feuchter sei, als der lockere, und stehen somit im Widerspruch zu denjenigen obiger Forscher. Es wird daher nothwendig sein, an dieser Stelle die Ursachen der in vorliegenden Untersuchungen hervorgetretenen Gesetzmäßigkeiten näher festzustellen. Um hierin sicher zu gehen, wird man sich vor Allem über die Veränderungen, welche der Boden durch das Walzen hinsichtlich seines Verhaltens zum Wasser bei verschiedenen Witterungsverhältnissen erfährt, Klarheit verschaffen müssen.

Der Wassergehalt eines jeden Bodens unter natürlichen Verhältnissen ist offenbar abhängig von der Größe der Abgabe des Wassers an der Oberfläche und in die Tiefe, also von der Verdunstung und von der Durchlässigkeit. Inwieweit letztere beiden durch das Zusammenpressen des lockeren Erdreichs eine Veränderung erleiden, sollte durch die folgenden Versuche eruirt werden.

Versuchsreihe III.

Verdunstung des Bodens im dichten und im lockeren Zustande.

In den Versuchen I, III—VII wurden Zinkkästen mit einer Grundfläche von 20 cm im Quadrat und 20 cm Höhe mit den betreffenden, ziemlich feuchten Erdarten bis zum Rande theils locker eingefüllt, theils schichtenweise fest eingestampft. Um die seitliche Erwärmung möglichst hintanzuhalten, wurden die Gefäße in einen aus starken Brettern gefertigten und mit Fächern versehenen, ebenfalls 20 cm hohen Holzrahmen gestellt, welcher auf einem im Freien befindlichen Tisch angebracht war. Ueber den letzteren wurde bei eintretendem Regen ein Zeltdach ausgespannt. In Versuch II und VIII war die Versuchsanordnung dieselbe nur mit dem Unterschiede, daß der ebenfalls quadratische Querschnitt der Verdunstungsgefäße größer war und die Böden nicht nur im lockeren und festen Zustande, sondern auch in einem zwischen diesen Extremen liegenden angewendet wurden.

Die beobachteten Verdunstungsgrößen sind den folgenden Tabellen zu entnehmen:

Versuch I (1879).

Datum	Es verdunsteten per 400 □cm Fläche g Wasser			
	Humoser Kalksandboden		Reiner Kalksandboden	
	dicht	locker	dicht	locker
Vom 23. — 29. August	310	260	330	290
» 29. — 31. »	250	200	220	190
» 1. — 4. September	420	360	430	230
» 4. — 6. »	200	160	230	80
» 6. — 9. »	180	150	190	100
» 9. — 14. »	145	110	115	80
Vom 23. August bis 14. September	1505	1240	1515	970

Versuch II (1879).

Datum	Es verdunsteten per 1063 □cm Fläche g Wasser			
	Reiner Kalksand			
	sehr dicht	mitteldicht	etwas dicht	locker
Vom 29. August bis 4. September	851	570	458	412
» 4. — 6. September	180	140	110	110
» 6. — 9. »	180	160	140	140
» 9. — 14. »	150	120	105	100
Vom 29. August bis 14. September	1361	990	813	762

Versuch III (1880).

Datum	Es verdunsteten per 400 □cm Fläche g Wasser			
	Humos. Kalksand		Reiner Kalksand	
	dicht	locker	dicht	locker
Vom 25. — 28. Mai	510	355	330	240
» 8. — 10. Juni	120	90	76	57
In 4 Tagen	630	445	406	297.

Versuch IV (1880).

Datum	Es verdunsteten per 400 □cm Fläche g Wasser			
	Humos. Kalksandboden		Reiner Kalksandboden	
	dicht	locker	dicht	locker
Vom 9. — 10. Juni	120	90	70	51
» 10. — 11. »	80	50	50	39
» 11. — 12. »	30	20	20	11
» 12. — 13. »	10	10	20	10
» 13. — 14. »	10	00	1	30
» 14. — 15. »	70	50	60	10
» 15. — 16. »	10	10	00	10
» 16. — 17. »	20	20	20	10
» 17. — 18. »	10	10	20	10
Summa	360	260	261	181

1880.

Datum	Es verdunsteten per 400 □cm Fläche g Wasser			
	Humos. Kalksandboden		Reiner Kalksandboden	
	dicht	locker	dicht	locker
Versuch V.				
Vom 30. Juni bis 1. Juli	160	129	140	99
» 1. Juli » 2. »	120	81	80	51
» 2. » » 3. »	80	50	80	40
» 3. » » 4. »	20	10	20	10
Summa	**380**	**270**	**320**	**200**
Versuch VI.				
Vom 6. — 7. Juli	245	213	250	163
» 7. — 8. »	85	67	90	50
» 8. — 9. »	26.	11	40	20
Summa	**356**	**291**	**380**	**233**
Versuch VII.				
Vom 15. — 18. Juli	**372**	**260**	**340**	**210**

Versuch VIII (1882).

Es verdunsteten per 625 □cm Fläche g Wasser

		Lehm	Humoser Kalksand
vom 3. bis 23. Januar 1882	locker	120	110
	mitteldicht	160	130
	sehr dicht	210	240.

Diese Zahlen bestätigen die Resultate der Eingangs citirten Untersuchungen:

Der Boden verdunstet um so mehr Wasser, je dichter sein Gefüge ist.

Die Ursache hiervon beruht theils auf der stärkeren Erwärmung, theils auf der schnelleren Leitung des Wassers von unten nach oben in dem dichten Boden gegenüber dem lockeren. In der normal gelockerten, d. h. krümeligen Ackererde befindet sich eine Menge großer Lücken, sog. nichtkapillarer Hohlräume, welche das Aufsteigen des Wassers an die Oberfläche wesentlich hemmen[1]), weil die Leitung des Wassers nur von

[1]) Vergl. *J. Nessler*, Bericht über Arb. d. Vers.-Stat. Karlsruhe, 1870; ferner *Schleh*, a. a. O. und *H. v. Klenze*, Untersuchungen über die kapillare Wasserleitung im Boden und die kapillare Sättigungskapacität für Wasser. Landw. Jahrbücher. 1877. S. 102—104.

Krümelchen zu Krümelchen und somit nur auf Umwegen vor sich gehen kann, sowie die Fortpflanzung der Wärme[1]) von oben nach unten beeinträchtigen, weil sich in den Lücken einer der schlechtesten Wärmeleiter, die Luft, in großen Mengen angehäuft findet. Werden durch das Zusammenpressen (Walzen) die Bodenbröckchen dichter aneinandergerückt, so wird ein großer Theil der nichtkapillaren Hohlräume vernichtet und in kapillare übergeführt, womit natürlich die kapillare Leitung des Wassers und da gleichzeitig die Luftkapacität eine Verminderung erleidet, auch die Fortpflanzung der Wärme gefördert werden muß.

Auf diese Verhältnisse sind die geschilderten Unterschiede in der Verdunstung zwischen dem lockeren und dichten Boden zurückzuführen. Wegen des langsamen Aufsteigens des Wassers kann die lockere Erde den an der Oberfläche stattfindenden Wasserverlust nicht schnell genug decken, die obersten Schichten trockenen daher schon in kurzer Zeit nach der Lockerung aus und schützen so die tieferen Schichten vor einer stärkeren Austrocknung, da letztere nunmehr dem direkten Einfluß der Verdunstungsfaktoren (Luftströmungen, Insolation u. s. w.) mehr oder weniger entzogen sind[2]). In dem dichten Boden dagegen kann der Wasserverlust wegen der schnelleren Leitung nach aufwärts leichter ersetzt werden, die Oberfläche hält sich daher längere Zeit feucht als in dem lockeren Boden und die Verdunstungsschicht liegt längere Zeit zu Tage, als in letzterem, wo sie durch eine abgetrocknete Schicht von größerer oder geringerer Mächtigkeit bedeckt wird. Dazu kommt, daß sich bei höherer Temperatur die dichte Erde bis in größere Tiefen stärker erwärmt als die lockere, wodurch der ohnehin größere Wasserverlust jener eine im Vergleich zu dieser noch weitere Erhöhung erfahren muß.

So lange die Oberfläche des dichten Bodens sich feucht erhält, sind die Unterschiede in den Verdunstungsgrößen zwischen diesem und dem gelockerten am größten; sie werden um so kleiner, in je stärkerem Grade die Faktoren der Verdunstung ihre Wirkung geltend machen, d. h. je höher die Lufttemperatur, je niedriger die Luftfeuchtigkeit, je stärker

---

[1]) *E. Wollny*, Untersuchungen über die Temperatur des Bodens im dichten und lockeren Zustande. Diese Zeitschrift. 1879. Bd. II. S. 133—162.

[2]) *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Diese Zeitschrift. 1880. Bd. III. S. 325.



die Insolation und je bewegter die Atmosphäre ist, denn unter solchen Umständen trocknet auch der dichte Boden ziemlich schnell, wenn auch langsamer als der lockere in der obersten Schicht ab und ist dann mehr vor Austrocknung bewahrt. Immerhin behält aber der feste Boden auch unter solchen Umständen im gewissen Grade die Eigenschaft, mehr Wasser als der lockere an die Atmosphäre abzugeben, weil er sich stärker erwärmt als dieser.

Aus der Thatsache, daß die Verdunstung aus dem Boden durch das Zusammenpressen (Walzen) erhöht wird, hielt man sich, wie oben gezeigt, vielfach zu der Annahme berechtigt, daß der Wassergehalt der Erde unter allen Umständen im dichten Zustande geringer sei, als im lockeren. Zur Aufstellung eines solchen Satzes waren indessen die Resultate der angezogenen Untersuchungen durchaus unzulänglich, da sich diese nur mit der Abgabe des Wassers an der Oberfläche des Bodens beschäftigten, nicht aber auch über das Verhalten des letzteren zu den atmosphärischen Niederschlägen verbreiteten. Jener Satz kann daher vorläufig nur Giltigkeit haben für jene Fälle, wo nach dem Verdichten des Erdreichs keine atmosphärischen Niederschläge zum Boden treten. Deshalb vermitteln die Verdunstungsversuche nur die Thatsache,

> daß der dichte Boden in stärkerem Grade austrocknet als der lockere, wenn nach dem Verdichten (Walzen) anhaltende Trockenheit eintritt.

Ganz anders gestalten sich aber diese Verhältnisse, wenn atmosphärische Wässer auf den Boden fallen. Während nämlich die nichtkapillaren Hohlräume die kapillare Hebung des Wassers von unten nach oben bedeutend verlangsamen, weil das Wasser nicht in senkrechter Richtung, sondern nur von Bröckchen zu Bröckchen, also mit fortwährenden Unterbrechungen und nur auf Umwegen aufsteigen kann, befördern dieselben die Abwärtsbewegung des Wassers, wenn dasselbe als Regen von oben in den Boden eindringt, in ganz erheblicher Weise, da letzteres einfach vermöge seiner Schwere in den größeren Lücken in die Tiefe sinkt. In dem verdichteten Boden steigt zwar das Wasser besser in die Höhe, weil die nichtkapillaren Hohlräume in kapillarwirkende übergeführt wurden, aber die Abwärtsbewegung ist aus letzterem Grunde bedeutend verlangsamt, denn dieselbe kann zum größten Theil nur auf kapillarem Wege erfolgen. In dem lockeren Boden sinkt also das atmosphärische

Wasser sehr schnell in die Tiefe und sickert dort in größeren Mengen ab, während es sich in dem dichten Boden langsamer abwärts bewegt, längere Zeit in der Ackerkrume aufhält und schließlich in kleineren Quantitäten in der Tiefe erscheint. Mit anderen Worten: Durch die Verdichtung der krümeligen Ackerkrume wird deren Wasserkapacität erhöht und deren Durchlässigkeit vermindert. Für die Verminderung der Durchlässigkeit und Vermehrung der Wasserkapacität des Bodens durch das Zusammenpressen sprechen deutlich die in folgender Versuchsreihe ermittelten Daten.

Versuchsreihe IV (1878, 1880, 1881).

Durchlässigkeit des Bodens für Wasser im dichten und im lockeren Zustande.

Um die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser im dichten und im lockeren Zustande zu prüfen, wurden 3 Versuche in verschiedenen Jahren und mit verschiedenen Bodenarten[1]) vermittelst sogen. Lysimeter ausgeführt.

Diese Apparate bestanden bei dem im Jahre 1878 ausgeführten Versuch aus einem bis zum Rande in die Erde gegrabenen Cylinder von Zinkblech mit 0,1 □m Grundfläche und nach unten kegelförmig zugespitztem Boden. An der tiefsten Stelle war ein Bleirohr angesetzt, welches seitwärts und schräg nach abwärts laufend gebogen, in einen 1,7 m tief in die Erde eingelassenen Holzkasten einmündete. Ueber dem trichterförmigen Ende des Cylinders war, von dem oberen Rande 0,5 m abstehend, ein siebartig durchlöcherter Boden angebracht. Je ein Lysimeter wurde bis zum Rande mit der betreffenden Erdart im lockeren Zustande, ein zweiter mit derselben Gewichtsmenge Erde in der Weise gefüllt, daß jede 10 cm hohe Schicht vermittelst eines Stößels fest zusammengedrückt wurde.

Die Niederschlagsmenge wurde durch einen Regenmesser bestimmt, dessen kreisförmige Auffangfläche ebenfalls 0,1 □m. groß war.

In Versuch II (1880) und III (1881) bestanden die angewendeten Lysimeter aus 30 cm hohen Zinkkästen von quadratischem Querschnitt, welcher 400 □cm maß. Der Boden dieser Gefäße war durchlöchert. Unter

[1]) Die betreffenden Böden waren dieselben, welche in Versuchsreihe I, Versuch IV, angewendet worden waren.



demselben befand sich ein pyramidenförmiger Trichter, dessen Ränder mit den unteren Kanten des Gefäßes zusammengelöthet waren. An der tiefsten Stelle war ein Kautschukschlauch wasserdicht angesetzt, welcher in eine untergestellte Flasche einmündete. Die Lysimeter wurden im Frühjahr kurz vor Beginn des Versuchs in derselben Weise wie in Versuch I mit der winterfeuchten Erde gefüllt, ebenso wie der Regenmesser (von 400☐cm) Auffangfläche auf einem Tisch aufgestellt, dessen Platte mit einem Schlitz zur Durchführung der Gummischläuche versehen, und bis zum Rande mit einem doppelten, aus starken Brettern angefertigten Mantel umgeben war, zwischen dessen äußerer und innerer Umhüllung sich ein 15 cm breiter, mit Erde ausgefüllter Raum befand. Letztere Vorrichtung hatte den Zweck, die seitliche Erwärmung des Bodens in den Verdunstungsgefäßen hintanzuhalten. Um die Verdunstung des Wassers aus den Auffangflaschen zu verhüten, war der Raum unter dem Tisch mit starker Leinwand ringsum eingekleidet worden.

Die nachfolgenden Tabellen enthalten die gewonnenen Zahlen:

Versuch I (1878).

Pro 1000 ☐cm Fläche ccm Sickerwasser.

Datum	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Regenmenge
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	
10. — 15. April	280	—	—	220	—	—	1783
16. — 20. »	—	—	—	—	—	—	690
21. — 30. »	664	545	235	288	10	627	4220
Summa	**844**	**545**	**235**	**508**	**10**	**627**	**6693**
1. — 5. Mai	2916	2492	2770	2761	2497	2691	3140
6. — 10. »	2173	1678	2280	2326	1685	1923	3045
11. — 15. »	911	778	1074	1108	473	684	1965
16. — 20. »	34	58	77	100	—	7	808
21. — 25. »	1015	675	1400	1635	140	580	2742
26. — 31. »	1400	1146	1470	1626	797	1418	1145
Summa	**8449**	**6827**	**9071**	**10556**	**5592**	**7303**	**12845**

Versuch I (1878).

Pro 1000 □cm Fläche ccm Sickerwasser.

Datum	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Regenmenge
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	
1. — 5. Juni	1125	875	1404	1607	955	900	3720
6. — 10. »	1895	1480	1837	1975	1510	1551	1005
16. — 15. »	33	32	9	60	—	—	1315
11. — 20. »	—	—	—	—	—	—	452
21. — 25. »	1195	868	1347	1298	—	545	2725
26. — 30. »	148	196	114	268	—	7	30
Summa	**4396**	**3451**	**4711**	**5208**	**2465**	**3003**	**9247**
1. — 5. Juli	1459	1100	1583	1597	10	832	2795
6. — 10. »	1701	1122	1608	1715	420	1203	2640
11. — 15. »	842	718	890	855	439	529	1905
16. — 20. »	78	81	116	136	—	—	—
21. — 25. »	7	7	—	9	—	—	490
26. — 31. »	2214	1905	2697	2456	610	984	5210
Summa	**6301**	**4933**	**6894**	**6768**	**1479**	**3548**	**13040**
1. — 5. August	1486	996	1534	1582	1035	1495	1550
6. — 10. »	615	484	494	557	26	140	1880
11. — 15. »	65	77	7	156	—	—	1250
16. — 20. »	859	608	885	854	306	430	1737
21. — 25. »	1755	1268	1585	1440	1391	835	3465
26. — 31. »	4695	4100	4700	4505	4728	3835	6366
Summa	**9475**	**7533**	**9205**	**9094**	**7486**	**6735**	**16248**
1. — 5. September	846	617	1120	1138	299	2560	340
6. — 10. »	25	40	37	115	—	—	1115
11. — 15. »	782	537	694	710	615	470	2220
16. — 20. »	331	277	363	446	—	120	318
21. — 25. »	—	—	—	—	—	—	832
26. — 30. »	4715	5879	4893	4690	4825	5327	4650
Summa	**6699**	**7350**	**7107**	**7099**	**5739**	**7477**	**9475**
1. — 5. Oktober	346	219	319	379	222	1802	1050
6. — 10. »	44	53	55	75	—	421	290
11. — 15. »	424	228	347	303	369	224	1435
16. — 20. »	221	188	244	241	128	177	507
21. — 25. »	136	68	127	128	32	47	226
26. — 31. »	830	430	850	705	880	400	720
Summa	**2001**	**1136**	**1942**	**1831**	**1631**	**3071**	**4228**

Versuch II (1880).

Pro 400 □cm Fläche ccm Sickerwasser.

Datum	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Gemisch von Quarzsand und Torf		Regenmenge
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	
1. — 5. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	240
6. — 10. »	755	978	520	687	80	106	1202	1178	2182
11. — 15. »	—	65	—	32	—	—	160	234	400
16. — 20. »	—	—	—	—	—	—	138	218	400
21. — 25. »	16	184	—	76	—	—	292	430	460
26. — 31. »	1820	2020	1360	1745	1045	1590	2095	2075	2531
Summa	**2591**	**3247**	**1880**	**2540**	**1125**	**1696**	**3887**	**4135**	**6213**
1. — 5. Juni	226	254	133	209	78	72	437	431	721
6. — 10. »	260	302	198	312	65	42	550	530	945
11. — 15. »	328	266	110	232	12	42	302	340	370
16. — 20. »	32	60	—	26	—	—	151	162	250
21. — 25. »	792	832	360	632	270	338	1130	1118	1620
26. — 30. »	—	—	—	—	—	—	174	146	386
Summa	**1638**	**1714**	**801**	**1411**	**425**	**494**	**2744**	**2727**	**4292**
1. — 5. Juli	1775	1665	2294	2232	1975	2050	2526	2480	3420
6. — 10. »	816	810	554	707	486	460	896	1148	1080
11. — 15. »	250	287	254	216	250	230	370	560	520
16. — 20. »	—	—	—	—	—	—	—	—	674
21. — 25. »	280	330	220	420	—	—	508	408	932
26. — 31. »	28	34	—	—	—	—	94	172	828
Summa	**3149**	**3126**	**3322**	**3575**	**2711**	**2740**	**4394**	**4768**	**7454**
1. — 5. August	420	415	390	417	144	120	602	670	918
6. — 10. »	1002	1020	1000	992	892	784	1190	1154	1512
11. — 15. »	1280	1280	1350	1460	1115	1340	1460	1430	1634
16. — 20. »	70	86	54	52	56	—	90	—	496
21. — 25. »	1304	1161	1020	852	613	946	1033	1223	1896
26. — 31. »	44	42	—	148	308	—	—	136	168
Summa	**4120**	**4002**	**3814**	**3921**	**3128**	**3190**	**4375**	**4613**	**6624**
1. — 5. Sept.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6. — 10. »	—	—	—	—	—	—	—	—	360
11. — 15. »	—	—	—	—	—	—	—	—	206
16. — 20. »	826	897	844	830	255	465	1301	1356	1605
21. — 25. »	398	364	380	380	310	256	443	388	510
26. — 30. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	**1224**	**1261**	**1224**	**1210**	**565**	**721**	**1744**	**1747**	**2681**

Versuch III (1881).

Pro 400 □cm Fläche ccm Wasser.

Datum	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Torf		Regenmenge
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	
1.— 5. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	167
6.—10. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.—15. »	—	—	—	—	—	—	—	—	230
16.—20. »	—	—	—	—	—	—	—	—	1350
21.—25. »	—	—	—	—	—	—	—	—	395
26.—31. »	5413	5691	5089	5394	4571	5160	5606	6179	7206
Summa	**5413**	**5691**	**5089**	**5394**	**4571**	**5160**	**5606**	**6179**	**9348**
1.— 5. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	57
6.—10. »	1319	984	1130	1349	943	1050	1452	1630	2298
11.—15. »	6	138	12	33	—	—	—	16	210
16.—20. »	—	180	—	—	—	—	—	—	454
21.—25. »	—	—	—	—	—	—	—	—	949
26.—30. »	210	412	230	264	—	—	—	72	846
Summa	**1535**	**1714**	**1372**	**1646**	**943**	**1050**	**1452**	**1718**	**4814**
1.— 5. Juli	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.—10. »	—	—	—	—	—	—	—	—	240
11.—15. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.—20. »	—	—	—	—	—	—	—	—	305
21.—25. »	—	454	200	608	—	—	—	286	1756
26.—31. »	—	—	—	—	—	—	—	—	282
Summa	—	**454**	**200**	**608**	—	—	—	**286**	**2583**
1.— 5. August	—	—	—	—	—	—	—	—	135
6.—10. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.—15. »	—	—	—	—	—	—	—	—	256
16.—20. »	—	—	14	222	—	—	—	—	1022
21.—25. »	600	830	780	870	36	12	450	720	1444
26.—31. »	1035	866	1148	1192	910	845	1020	1086	1484
Summa	**1635**	**1696**	**1942**	**2284**	**946**	**857**	**1470**	**1806**	**4341**
1.— 5. Sept.	564	464	568	547	500	474	558	529	791
6.—10. »	—	30	—	—	—	—	20	—	348
11.—15. »	—	—	—	—	—	—	—	—	76
16.—20. »	—	—	—	—	—	—	—	—	294
21.—25. »	—	—	—	—	—	—	—	—	324
26.—30. »	310	360	324	410	84	—	282	330	790
Summa	**874**	**854**	**892**	**957**	**584**	**474**	**860**	**859**	**2623**

Zusammenstellung der Resultate.

A. Sickerwasser.

Versuch I (1878).	Lehm		Humos. Kalksand		Reiner Kalksand	
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker
	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Vom 11. April bis 31. Oktbr.	38165	31775	39165	41064	24402	31764

Versuch II (1880).	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Gemisch von Quarzs. u. Torf	
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker
Vom 1. Mai bis 30. Sept.	12722	13350	11041	12657	7954	8841	17144	17990

Versuch III (1881).	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Torf	
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker
Vom 1. Mai bis 30. Sept.	9457	10409	9495	10889	7044	7541	9388	10848.

B. Bilanz zwischen Verdunstung und Niederschlag.

Versuch I.	Lehm		Humos. Kalksand		Reiner Kalksand	
Ursprünglich im Boden	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker
enthaltene Wassermenge . . .	10245	10245	11618	11618	7441	7441
Regen vom 11/IV—31/X . . .	71776	71776	71776	71776	71776	71776
Summa	82021	82021	83394	83394	79217	79217
Davon ab das am Ende des Versuchs im Boden enthalt. Wasser	12294	11861	15179	15443	8869	8242
Bleiben	69727	70160	68215	67951	70348	70975
Durch den Boden sickerten	38165	31775	39165	41064	24402	31764
Es verdunsteten demnach . . .	**31562**	**38385**	**39050**	**26887**	**45946**	**39211.**

Versuch II.	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Gemisch von Quarzs. u. Torf	
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker
Regen vom 1/V—30/IX	27264	27264	27264	27264	27264	27264	27264	27264
Ueberschüssiges Wasser in den Gefäßen am Ende des Versuchs	1030	710	1680	1130	1830	1260	610	270
Disponible Wassermengen	26234	26554	25584	26134	25434	26004	26654	26994
Davon ab die Sickerwasser	12722	13350	11041	12657	7954	8841	17144	17990
Es verdunsteten demnach	**13512**	**13204**	**14543**	**13477**	**17480**	**17163**	**9510**	**9004.**

Versuch III.	Lehm		Humoser Kalksand		Reiner Kalksand		Torf	
	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker	dicht	locker
Regen vom 1/V—30/IX	22409	22409	22409	22409	22409	22409	22409	22409
Ueberschüssiges Wasser in den Gefäßen am Ende des Versuchs	1010	1000	1130	1120	1210	740	2100	1850
Disponible Wassermengen	21399	21409	21279	21289	21199	21669	20309	20559
Davon ab die Sickerwasser	9457	10409	9495	10889	7044	7541	9388	10848
Es verdunsteten demnach	**11942**	**11000**	**11784**	**10400**	**14155**	**14128**	**10921**	**9711.**

Diese Zahlen zeigen mit großer Uebereinstimmung[1]),

daß die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser durch das Zusammenpressen vermindert wird.

Bei Beurtheilung der in Rede stehenden Verhältnisse hat man nach dem Mitgetheilten vor Allem zu berücksichtigen, daß die den Wassergehalt am meisten influirenden Faktoren, die Verdunstung und die Durchlässigkeit resp. die Wasserkapacität in entgegengesetzter Richtung ihren Einfluß zur Geltung zu bringen suchen. Der stärkeren Verdunstung des dichten Bodens steht dessen höhere Wasserkapacität, der geringeren Abgabe von Wasser an der Oberfläche seitens des lockeren Bodens dessen kleineres Wasserfassungsvermögen gegenüber. Welcher von diesen Faktoren das Uebergewicht gewinnt, ist ganz und gar von den Witterungsverhältnissen abhängig. Stellt sich nach dem Verdichten der lockeren Ackerkrume Trockenheit ein, so überwiegt die Verdunstung, fallen aber ergiebige Regen auf den Boden, so wird der Einfluß der letzteren beseitigt durch die Wirkungen der veränderten Kapillarität. Die durch letztere hervorgerufenen Unterschiede in dem Feuchtigkeitsgehalt zwischen dem dichten und lockeren Boden in der vorbezeichneten Weise bleiben bestehen, wenn nach dem Regen Trockenheit eintritt, weil die stärkere Verdunstung des ersteren im Vergleich zu der des letzteren in den meisten Fällen nicht so groß ist, um eine Ausgleichung des Wassergehaltes herbeizuführen. Hierdurch finden die in Versuchsreihe I hervorgetretenen Gesetzmäßigkeiten in ungezwungener Weise ihre Erklärung.

Die Ergebnisse der bisherigen Versuchsreihen sind für die praktische Landwirthschaft insofern von Belang, als sie die Wirkung des Lokerns und Walzens zu erklären und demnach über die Anwendbarkeit dieser Maßnahmen unter den jeweiligen lokalen Verhältnissen nützliche Fingerzeige zu geben geeignet sind. Da die für das Leben und Gedeihen der Pflanzen so bedeutsamen Feuchtigkeitsverhältnisse von dem Grade der Lockerung mit abhängig sind, wird der Praktiker die hier mitgetheilten Erfahrungs-

[1]) Mit Ausnahme des Lehmes, Versuch I, 1878. Derselbe war durch die außerordentlich starken Niederschläge vor Beginn und Anfang des Versuches stark zusammengeschlagen worden. Möglicherweise wurde dadurch die Wasserkapacität des lockeren Bodens übermäßig erhöht und damit die Durchlässigkeit desselben für Wasser vermindert.



sätze und die dadurch gebotenen Mittel, auf die Eigenschaften der Ackerkrume einzuwirken nicht unbeachtet lassen können.

Das Walzen des bestellten Ackerlandes wird zunächst überall dort eine sehr zweckmäßige Operation sein, wo die obersten Schichten desselben, in welchen sich die ausgestreuten Samen und Früchte befinden, leicht austrocknen und demgemäß nicht die für die Keimung nothwendigen Wassermengen enthalten, weil durch das Zusammenpressen des Bodens in Folge der damit verbundenen besseren Kapillarität, wie gezeigt, die oberen Bodenschichten reichlicher mit Feuchtigkeit versorgt werden.

Im Uebrigen wird die Zweckmäßigkeit des Walzens der gelockerten Ackererde nach den jeweiligen Witterungsverhältnissen und nach dem Verhalten des Bodens zum Wasser zu beurtheilen sein. Nach obigen Darlegungen unterliegt es keinem Zweifel, daß es unräthlich wäre das Walzen vorzunehmen, wenn trockene Witterung in Aussicht steht. Die Schädlichkeit eines solchen Verfahrens würde sich um so fühlbarer machen, je weniger der Boden die Fähigkeit besitzt, das Wasser in größeren Mengen zu halten und je geringer sein Feuchtigkeitsgehalt zur Zeit der Bestellung war. Die Versorgung der obersten Schichten mit Wasser auf Kosten der tieferen würde unter den bezeichneten Umständen wenig nützen, da Gefahr vorhanden ist, daß der Boden bis in größere Tiefen austrocknet und die gekeimten Pflanzen zu Grunde gehen, weil bei dem Ausbleiben von Regen, wie gezeigt, auch die obersten Schichten des gewalzten Bodens in der Folge ihres Wassers vollständig beraubt werden. In Rücksicht aber darauf, daß länger andauernde Trockenheit zu der Jahreszeit, wo das Walzen vorgenommen wird (Frühjahr und Herbst), seltener eintritt, werden für den Praktiker, abgesehen von besonderen Nebenumständen, bei Beurtheilung der Anwendbarkeit des Walzens die durch dasselbe hervorgerufenen Veränderungen des Verhaltens der Ackererde zu den Niederschlägen am Meisten maßgebend sein müssen. Das Walzen wird dann stets in Anwendung zu bringen sein, wenn es sich darum handelt, den Wassergehalt des Bodens zu erhöhen, sei es, daß letzterer von Hause aus nur eine geringe Wasserkapacität besitzt, sei es, daß er vorher stark ausgetrocknet war. Auf Böden, welche ein hohes Wasserfassungsvermögen besitzen und in Folge dessen leicht ein schädliches Uebermaß von Wasser zeigen, wird namentlich in einem feuchten Klima und um so mehr, je größer die in ihnen grade vorhandenen Wassermengen sind, das Walzen

von schädlicher Wirkung sich erweisen, denn hier befördert die lockere, krümelige Beschaffenheit die Abwärtsbewegung des atmosphärischen, in den Boden eingedrungenen Wassers und verhindert dadurch die Ansammlung übermäßiger, der Vegetation schädlicher Wassermengen.

Faßt man alle vorausgegangenen Beobachtungen und Erwägungen zusammen, so gelangt man zu nachstehenden Folgerungen:

1) Der Boden verdunstet im dichten Zustande mehr Wasser, als im lockeren, weil durch das Zusammenpressen des lockeren, krümeligen Erdreichs die Bewegung des Wassers aus den tieferen an die oberen Schichten beschleunigt und somit der hier stattfindende Verlust leichter ersetzt wird. Aus letzterem Grunde hält sich die Oberfläche um so länger feucht, je dichter die Lagerung der Bodentheilchen ist.

2) Der dichte Boden besitzt eine größere Wasserkapacität, und in Folge dessen eine geringere Durchlässigkeit für Wasser, als der lockere, weil mit der Verminderung der Zahl der nichtkapillaren Hohlräume und mit der Ueberführung derselben in kapillarwirkende, die Menge der wasserführenden Poren vermehrt und die Abwärtsbewegung des in den Boden eingedrungenen atmosphärischen Wassers bedeutend verlangsamt wird.

3) Die Wirkung der Verdunstung in der ad 1 geschilderten Weise kommt nur dann zur Geltung, wenn nach der Ueberführung der lockeren Erde in den dichten Zustand anhaltende Trockenheit eintritt; im Uebrigen, d. h. wenn Niederschläge stattfinden, sind die ad 2 charakterisirten Eigenschaften des Bodens für den Wassergehalt desselben maßgebend, indem durch diese der Einfluß der Verdunstung paralysirt und überwogen wird. In der Mehrzahl der Fälle stellt daher der dichte Boden den Pflanzen größere Wassermengen zur Verfügung als der lockere.

4) In Rücksicht auf das Wachsthum der Kulturpflanzen ist die Zweckmäßigkeit der Maßnahmen, welche eine verschiedene dichte Lagerung der Bodentheile bezwecken, nach dem Verhalten der Böden zum Wasser, dem jeweils in denselben vorhandenen Wassermengen, den Witterungs- und klimatischen Verhältnissen zu bemessen. Die dichte Zusammenlagerung der Bodentheilchen innerhalb gewisser Grenzen wird im Allgemeinen dann anzustreben sein, wenn es sich darum handelt, den Wassergehalt der Ackerkrume zu erhöhen, während die Erhaltung des Lockerheitszustandes dort am Platze ist, wo eine Verminderung der Wasserkapacität des Erdreichs sich als nothwendig herausgestellt hat.

B. Temperatur des Bodens im dichten und lockeren Zustande.

Die früheren über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen, deren Resultate im 2. Bande dieser Zeitschrift mitgetheilt wurden, hatten zu dem Ergebniß geführt, 1) daß der dichte Boden während der wärmeren Jahreszeit und bei warmer Witterung durchschnittlich wärmer sei, als der lockere; 2) daß aber das umgekehrte Verhältniß eintrete während der

kälteren Jahreszeit (Frühjahr und Herbst) und so oft in der wärmeren plötzliche und starke Temperaturerniedrigungen statthaben; 3) daß der Boden im dichten Zustande am Tage beträchtlich wärmer, Nachts gemeinhin kälter sei, als im lockeren, und 4) daß der Unterschied ad 1 zur Zeit des täglichen Maximums der Bodentemperatur am größten, hingegen zur Zeit des täglichen Minimums sehr gering sei oder ausgeglichen werde oder selbst in umgekehrter Richtung in die Erscheinung trete.

Da in den zu diesen Sätzen führenden Versuchen der tägliche Gang der Temperatur während anhaltender Trockenheit, also meist bei abgetrockneter Oberfläche der Böden ermittelt, im Uebrigen die Erwärmung des Erdreichs während verschiedener Zeiträume der Vegetationsperiode aus den dreimal täglich gemachten Ablesungen durch die Pentadenmittel dargestellt wurde, so konnten zunächst jene Untersuchungen über die Frage, in welchem Grade die verschiedene Abtrocknung der Oberfläche[1]), resp. die verschiedene Verdunstung[2]) bei dichter und lockerer Lagerung die Bodentemperatur beeinflusse, nur eine unvollkommene Antwort gegeben. Ebenso ließen die angegezogenen Versuche eine Lücke insofern erkennen, als die Wirkung niedriger, unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegender Temperaturen auf den Boden nicht näher festgestellt worden war. Aus diesen Gründen hat sich Referent zur Ausführung der nachstehend beschriebenen Experimente veranlaßt gefunden.

Versuch I (1879).

Temperatur des Bodens bei verschieden dichter Lagerung der Bodentheilchen während der wärmeren Jahreszeit.

Um zu ermitteln, inwieweit die Unterschiede in der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens bei verschiedener Lockerheit auf dessen Temperaturverhältnisse von Einfluß seien, wurde eine Bodenart, welche nach den bisherigen Beobachtungen die beste Leitung des Wassers von unten nach oben und in Folge dessen die größte Verdunstung gezeigt hatte, nämlich der reine Kalksand zu diesen Versuchen gewählt. Derselbe wurde in stark feuchtem Zustande, locker, schichtenweise etwas dicht, mitteldicht und sehr dicht in *Ebermayer*'sche Evaporationsapparate, welche im Freien auf einem Tisch

---

[1]) Vergl. *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Diese Zeitschrift. 1880. Bd. III. S. 325–348.

[2]) Vergl. *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß des Wassers auf die Bodentemperatur. Ibid. 1881. Bd. IV. S. 147–190.

3*



aufgestellt und der ungehinderten Insolation ausgesetzt waren, gefüllt. Die Verdunstung ist sub A, Versuchsreihe III, Versuch II, näher angegeben.

Die in $^1/_{10}$ Grade nach Celsius eingetheilten und bis auf 10 cm Tiefe in den Boden gesenkten Thermometer, sowie das im Schatten, mit dem Quecksilbergefäß 1 m über dem Boden befindliche, zur Bestimmung der Lufttemperatur dienende Thermometer lieferten die nachstehenden Angaben:

30. August 1879. **Versuch I (1879).** 3. September 1879.

30. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Reiner Kalksand: locker	etwas dicht	mittel-dicht	sehr dicht
12 Uhr	16,0	18,4	18,6	18,7	18,8
2 »	15,6	16,2	16,5	16,6	16,6
4 »	15,1	14,6	14,8	14,8	14,8
6 »	14,8	13,4	13,5	13,6	13,6
8 »	20,4	14,8	14,8	14,8	14,8
10 »	23,3	19,6	18,8	18,8	19,0
12 »	26,6	25,4	23,8	23,6	23,6
2 »	26,4	30,7	30,6	30,0	29,8
4 »	25,9	31,0	31,2	30,8	30,4
6 »	21,9	28,9	29,2	29,0	28,8
8 »	18,0	24,2	24,4	24,4	24,2
10 »	16,0	19,6	19,8	19,8	19,8
Mittel	20,00	**21,40**	**21,33**	**21,24**	**21,18**
Schwankungen	11,8	17,6	17,7	17,2	16,8

Witterung[1]: Kl. u. schw. W.

3. September 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Reiner Kalksand: locker	etwas dicht	mittel-dicht	sehr dicht
12 Uhr	8,5	10,8	10,9	11,2	11,2
2 »	6,6	6,8	7,2	7,2	7,2
4 »	5,0	4,8	5,2	5,2	5,0
6 »	5,4	4,5	4,8	4,9	4,9
8 »	15,2	6,3	6,5	6,6	6,6
10 »	19,9	12,4	12,5	12,6	13,0
12 »	21,4	19,0	19,2	19,6	20,6
2 »	23,3	25,0	25,0	25,4	26,2
4 »	23,0	26,6	27,0	27,2	28,1
6 »	19,0	25,8	26,0	26,3	27,0
8 »	14,8	21,0	21,2	21,6	21,8
10 »	12,4	16,0	16,3	16,4	16,4
Mittel	14,54	**14,92**	**15,15**	**15,35**	**15,67**
Schwankungen	18,3	22,1	22,2	22,3	23,2

Witterung: Kl. Fr. u. Vorm. schw. W. M. mst. W. Ab. r.

31. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Reiner Kalksand: locker	etwas dicht	mittel-dicht	sehr dicht
12 Uhr	15,4	16,8	17,0	17,0	17,0
2 »	14,8	15,4	15,6	15,6	15,6
4 »	15,2	14,8	15,0	14,8	14,8
6 »	15,7	14,6	14,6	14,6	14,6
8 »	18,6	16,0	16,0	15,9	15,9
10 »	22,2	19,1	18,8	18,5	18,5
12 »	26,0	22,2	21,8	21,5	21,4
2 »	23,9	28,2	28,0	27,6	27,4
4 »	22,6	29,3	29,4	29,4	29,4
6 »	20,5	26,0	26,2	26,4	26,5
8 »	17,5	22,0	22,3	22,4	22,4
10 »	15,4	18,0	18,3	18,3	18,3
Mittel	18,99	**20,20**	**20,25**	**20,17**	**20,15**
Schwankungen	11,2	14,7	14,8	14,8	14,8

Witterung: Nach Mn. bew. u. st. W. Um 2 U. Mg. G. dann nb. u. mst W. Fr. bew. u. mst. W. Am Tage abw. bew. Ab. bew. u. st. W.

4. September 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Reiner Kalksand: locker	etwas dicht	mittel-dicht	sehr dicht
12 Uhr	8,5	12,6	12,8	13,0	12,8
2 »	8,4	10,0	10,2	10,4	10,4
4 »	7,9	8,0	8,2	8,4	8,4
6 »	8,3	7,0	7,4	7,4	7,2
8 »	18,6	9,0	9,0	9,1	9,2
10 »	23,4	16,0	16,0	16,0	16,5
12 »	26,5	23,6	23,7	24,2	25,0
2 »	28,4	31,0	31,2	31,4	32,0
4 »	27,8	34,0	34,4	34,4	34,8
6 »	22,2	31,0	31,6	31,9	32,4
8 »	17,2	24,8	25,2	25,7	26,0
10 »	14,6	19,7	20,0	20,6	20,6
Mittel	17,65	**18,89**	**19,14**	**19,37**	**19,61**
Schwankungen	20,5	27,0	27,0	27,0	27,6

Witterung: Kl. Fr. u. Vorm. schw. W. M. mst. W. Ab. r. und leicht bew.

[1]) Bezüglich der Abkürz. vgl. die früh. Arbeiten des Verf. in dieser Zeitschr.

5. September 1879.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Reiner Kalksand			
		locker	etwas dicht	mittel-dicht	sehr dicht
12 Uhr	13,8	16,6	17,0	17,2	17,2
2 »	13,8	14,4	14,7	14,8	14,8
4 »	11,0	12,8	13,0	13,2	13,0
6 »	10,0	10,9	11,2	11,3	11,2
8 »	19,1	11,8	11,8	12,0	12,0
10 »	23,2	17,0	17,2	17,4	17,8
12 »	25,4	23,0	23,2	23,8	24,6
2 »	25,6	28,0	28,0	28,6	29,6
4 »	25,3	29,2	29,6	29,8	30,7
6 »	21,8	27,3	27,8	28,2	28,8
8 »	18,4	23,8	24,2	24,6	24,8
10 »	16,0	19,4	19,6	19,8	19,8
Mittel	18,62	**19,52**	**19,77**	**20,01**	**20,36**
Schwankungen	15,6	18,3	18,4	18,5	19,5

Witterung:

Kl. u. schw. W. Ab. r.

6. September 1879.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Reiner Kalksand			
		locker	etwas dicht	mittel-dicht	sehr dicht
12 Uhr	11,6	14,8	15,2	15,2	15,2
2 »	11,0	12,6	12,8	12,8	12,8
4 »	10,0	10,4	10,6	10,8	10,8
6 »	11,0	9,6	9,8	10,0	10,0
8 »	18,0	10,8	11,0	11,0	11,0
10 »	20,6	15,2	15,6	15,8	16,0
12 »	25,2	21,1	21,9	22,5	23,3
2 »	25,8	28,2	28,2	28,8	28,8
4 »	23,4	28,6	29,0	29,3	30,2
6 »	19,6	25,2	25,4	25,9	26,4
8 »	18,2	22,2	22,4	22,8	23,0
10 »	17,8	19,8	20,0	20,0	20,2
Mittel	17,68	**18,21**	**18,49**	**18,74**	**18,97**
Schwankungen	15,8	19,0	19,2	19,3	20,2

Witterung:

Kl. Vorm. schw. W. M. st. W. Nachm. 3 U. G. u. bew. u. schw. W. Von Ab. 9½ U. ab G.-R. Von Ab. 8½ U. ab bed.

Mittel sämmtlicher Beobachtungen:

	Reiner Kalksand			
	locker	etwas dicht	mitteldicht	sehr dicht
Bodentemperatur	**18,86**	**19,02**	**19,15**	**19,32**
Schwankungen	19,78	19,88	19,83	20,35.

Durch diese Zahlen werden zwar die früheren Beobachtungen bestätigt, nach welchen die Temperatur im Boden durchschnittlich um so höher ist, je dichter die Bodentheilchen gelagert sind, aber die am 30. und 31. August gesammelten Angaben zeigen recht deutlich, namentlich wenn man diejenigen von 10 Uhr Vormittags bis Nachmittags 4 Uhr in Betracht zieht, daß der dichte Boden, wenn auch nur um ein Geringes kälter als der lockere sein kann. An diesen Tagen war nämlich die Oberfläche des letzteren bereits abgetrocknet, während die oberen Schichten des ersteren noch feucht waren. Die Abtrocknung erfolgte um so langsamer, je dichter der Boden war, und so konnte die bessere

Wärmeleitungsfähigkeit der fester gefüllten Böden nicht zur vollen Wirkung gelangen, da ihr ein größerer Verbrauch von Wärme in Folge der stärkeren Verdunstung gegenüberstand. Man sieht aber recht deutlich, daß dieser an der Oberfläche entstehende Wärmverlust nur von vorübergehendem Einfluß auf die Bodentemperatur sich erweist und daß derselbe in Rücksicht auf die durch ihn bedingten relativ geringen Unterschiede in der Erwärmung des Erdreichs mehr oder weniger belanglos ist. Es erklärt sich hieraus zugleich die aus den früher mitgetheilten Versuchen sich ergebende Thatsache, daß trotz der verschiedenen Verdunstung an der Oberfläche, die Böden dennoch bei warmer Witterung und steigender Temperatur im Durchschnitt um so wärmer sind, je dichter ihr Gefüge ist. Käme der durch Verdunstung herbeigeführte Wärmeverbrauch in bemerkenswerthem Grade in Betracht, so hätte sich die Bodentemperatur in entsprechender Weise ändern müssen. Dies war aber wie die mitgetheilten Zahlen zeigen nicht der Fall. Die Ursachen hiervon können offenbar nur auf die bessere Wärmeleitungsfähigkeit des dichten gegenüber dem lockeren Boden zurückgeführt werden. Letztere beruht nicht allein, wie in der ersten Publikation über vorliegenden Gegenstand angeführt wurde, darauf, daß die zwischen den Erdbröckchen befindliche Luft, welche die Ursache der langsamen Wärmeleitung des lockeren Bodens ist, durch das Zusammenpressen vermindert wird, sondern ist auch, wie wir nun aus den Resultaten der sub A. mitgetheilten Versuche wissen, auf den höheren Wassergehalt des dichten Bodens zurückzuführen, da wie die Versuche von *F. Haberlandt* und *E. Pott* gezeigt haben, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärme mit dem Wassergehalt des Bodens in bedeutendem Grade wächst. Wenn daher der lockere Boden bei länger andauernder Trockenheit eher abtrocknet und sich deshalb an der Oberfläche stärker erwärmt, als der dichte, so wird dadurch die Temperatur der tieferen Schichten nur unwesentlich beeinflußt, da in ersterem Falle die Fortpflanzung der Wärme nach unten wesentlich erschwert ist.

Es ergiebt sich somit aus diesen Versuchen,

1) daß die mit der mehr oder weniger schnellen Abtrocknung der Oberfläche resp. mit der geringeren oder größeren Verdunstung des Bodens bei verschieden dichtem

Zustande verbundene stärkere oder schwächere Erwärmung der obersten Schichten für die Temperatur der tieferen Schichten nur vorübergehend und in geringem Grade maßgebend ist, und

2) daß die Erwärmung der tieferen Schichten des Bodens bei verschieden dichter Lagerung hauptsächlich von der durch letztere bedingten größeren oder geringeren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärme abhängig ist.

Versuch II (1878/79 u. 1882).

Temperatur des Bodens bei verschieden dichter Lagerung der Bodentheilchen während des Winters.

Bei den im Winter angestellten Untersuchungen wurde der feuchte Boden in Holzkästen, welche aus starken Brettern hergestellt waren, in verschieden dichtem Zustande eingefüllt. Die Kästen, welche in Versuch A 25 cm tief, 30 cm lang und breit, in Versuch B 20 cm hoch und 25 cm lang und breit waren, wurden in einer Reihe auf einem Tisch angebracht, welcher sich im Freien befand. Um die seitliche Erwärmung der beiden äußersten Kästen zu verhindern, wurden auf jeder Seite noch zwei solche mit Erde gefüllte angeschoben. Die Böden waren allen Witterungseinflüssen ausgesetzt und daher längere Zeit mit Schnee bedeckt. Die Bedeckung mit letzterem dauerte in Versuch A vom 5.—31. December 1878, vom 5.—7. und 10.—23. Januar, vom 19.—28. Februar und vom 1.—8. und 12.—15. März 1879. Bei den im Jahre 1882 (B) angestellten Versuchen wurde die Schneedecke entfernt.

Das Gewicht der Böden betrug:

	locker	etwas dicht	mitteldicht	sehr dicht
		Versuch A.		
	g	g	g	g
Humoser Kalksand	21950	24440	26410	32610
Lehm	27573	—	—	32605
Quarzsand	32830	—	—	37175
		Versuch B.		
Humoser Kalksand	13320	—	14510	18930.

Die Ablesungen an den bis zu 10 cm Tiefe eingesenkten Thermometern wurden im Jahre 1878/79 früh um 8 und Nachmittags um 5 Uhr, im Jahre 1882 alle 2 Stunden vorgenommen. Tabelle A enthält die fünftägigen und Monats-Mittel, Tabelle B die Einzelbeobachtungen und die aus denselben berechneten täglichen Mittel.

Versuch II A (1878/79).

Datum	Lufttemperatur	Humoser Kalksand				Lehm		Quarzsand	
		locker	etwas dicht	mitteldicht	sehr dicht	locker	dicht	locker	dicht
1. — 5. Dec. 1878	—0,45	—0,09	—0,17	—0,26	—0,30	—0,15	—0,13	—0,56	—0,60
6. — 10. » »	—5,10	—0,27	—0,53	—0,63	—1,12	—1,56	—2,30	—3,90	—4,20
11. — 15. » »	—7,83	—6,23	—6,83	—7,10	—7,58	—7,90	—8,01	—7,91	—8,24
16. — 20. » »	—4,01	—4,80	—4,93	—5,17	—5,03	—4,93	—4,98	—4,91	—5,08
21. — 25. » »	—4,23	—4,23	—4,39	—4,53	—4,57	—4,34	—4,32	—4,84	—4,96
26. — 31. » »	+0,28	—2,52	—2,36	—2,49	—2,32	—2,12	—2,38	—1,68	—1,74
Mittel	—3,55	**—3,02**	**—3,20**	**—3,36**	**—3,49**	**—3,50**	**—3,69**	**—3,97**	**—4,14**
1. — 5. Jan. 1879	+3,85	+1,09	+1,08	+1,12	+1,69	+2,11	+2,85	+2,86	+2,85
6. — 10. » »	—7,06	—1,59	—1,66	—1,86	—2,69	—2,34	—2,53	—4,53	—4,97
11. — 15. » »	—1,35	—3,21	—3,21	—3,36	—3,25	—3,17	—3,30	—2,46	—2,46
16. — 20. » »	—2,85	—2,24	—2,34	—2,61	—2,62	—2,33	—2,61	—2,70	—2,96
21. — 25. » »	—3,00	—4,13	—4,24	—4,45	—4,36	—4,22	—4,21	—3,76	—3,95
26. — 31. » »	—1,42	—1,52	—1,55	—1,71	—1,78	—1,51	—1,54	—1,74	—1,83
Mittel	—1,97	**—1,93**	**—2,00**	**—2,14**	**—2,17**	**—1,91**	**—1,89**	**—2,06**	**—2,22**
1. — 5. Febr. 1879	+1,30	—0,83	—0,79	—0,86	—0,89	—0,75	—0,77	—0,72	—0,59
6. — 10. » »	+6,03	+1,53	+1,67	+1,77	+2,45	+2,18	+2,71	+3,69	+3,90
11. — 15. » »	+2,42	+2,58	+2,63	+2,63	+2,55	+2,66	+2,71	+2,12	+2,11
16. — 20. » »	+1,66	+0,95	+0,95	+0,90	+0,94	+1,01	+1,10	+0,63	+0,62
21. — 25. » »	—1,02	+0,10	+0,08	0,00	—0,02	+0,09	+0,13	—0,19	—0,24
26. — 28. » »	—2,90	0,00	0,00	—0,10	—0,13	0,00	+0,03	—1,42	—1,43
Mittel	+1,25	**+0,72**	**+0,76**	**+0,72**	**+0,82**	**+0,86**	**+0,98**	**+0,68**	**+0,73**
1. — 5. März 1879	0,00	0,00	0,00	—0,10	—0,20	0,00	0,00	—0,46	—0,53
6. — 10. » »	+2,63	+0,69	+0,58	+0,49	+0,35	+0,66	+0,87	+1,04	+1,34
11. — 15. » »	+0,93	+2,19	+2,04	+1,97	+1,93	+2,11	+2,15	+1,86	+1,82
16. — 20. » »	+5,35	+4,42	+4,29	+4,31	+4,25	+4,34	+4,44	+4,16	+4,38
21. — 25. » »	+0,58	+3,01	+2,84	+2,77	+2,67	+2,94	+2,96	+2,49	+2,46
Mittel	+1,94	**+2,06**	**+1,95**	**+1,89**	**+1,80**	**+2,01**	**+2,08**	**+1,82**	**+1,89**

Versuch II B (1882).

30. Januar.					31. Januar.				
Zeit	Luft-temperatur	Humoser Kalksand			Zeit	Luft-temperatur	Humoser Kalksand		
		locker	mitteldicht	sehr dicht			locker	mitteldicht	sehr dicht
12 Uhr	—4,0	—0,4	—0,3	—0,4	12 Uhr	+0,2	—0,4	—0,4	—0,6
2 »	—5,0	—0,4	—0,4	—0,6	2 »	0,0	—0,4	—0,4	—0,6
4 »	—3,3	—0,5	—0,6	—1,0	4 »	—0,2	—0,4	—0,4	—0,6
6 »	—3,6	—0,6	—0,8	—1,2	6 »	—0,2	—0,4	—0,4	—0,6
8 »	—3,8	—0,8	—1,0	—1,6	8 »	—0,2	—0,4	—0,4	—0,6
10 »	+1,1	—0,8	—1,0	—1,6	10 »	+0,8	—0,4	—0,4	—0,6
12 »	+6,2	—0,7	—0,8	—1,2	12 »	+1,4	—0,4	—0,4	—0,5
2 »	+8,1	—0,6	—0,6	—1,0	2 »	+0,8	—0,4	—0,4	—0,5
4 »	+5,4	—0,6	—0,5	—0,9	4 »	—0,2	—0,4	—0,4	—0,5
6 »	+2,2	—0,5	—0,5	—0,8	6 »	—3,4	—0,4	—0,4	—0,5
8 »	+2,1	—0,5	—0,4	—0,7	8 »	—5,0	—0,4	—0,4	—0,5
10 »	+0,6	—0,4	—0,4	—0,6	10 »	—5,9	—0,4	—0,4	—0,5
Mittel	+0,50	**—0,57**	**—0,61**	**—0,97**	Mittel	—1,21	**—0,40**	**—0,40**	**—0,55**
1. Februar.					2. Februar.				
12 Uhr	—6,8	—0,4	—0,3	—0,5	12 Uhr	—10,2	— 6,4	— 6,8	— 7,6
2 »	—7,0	—0,6	—0,7	—0,9	2 »	—10,4	— 7,5	— 7,9	— 8,6
4 »	—7,9	—0,8	—1,0	—1,4	4 »	—11,0	— 8,6	— 9,0	— 9,6
6 »	—8,6	—1,3	—1,7	—2,2	6 »	—11,9	— 9,6	— 9,8	—10,3
8 »	—9,6	—2,0	—2,6	—3,1	8 »	—12,2	—10,8	—10,9	—11,2
10 »	—6,9	—2,4	—3,0	—3,8	10 »	— 9,7	—11,2	—11,3	—11,6
12 »	—5,0	—1,9	—2,1	—3,4	12 »	— 7,2	— 9,8	— 9,8	—10,2
2 »	—4,2	—1,9	—2,4	—3,4	2 »	— 5,2	— 8,8	— 8,8	— 9,3
4 »	—4,6	—2,4	—3,0	—3,9	4 »	— 4,4	— 8,4	— 8,5	— 8,9
6 »	—6,7	—3,0	—3,6	—4,5	6 »	— 8,0	— 8,6	— 8,8	— 8,9
8 »	—8,6	—4,0	—4,7	—5,5	8 »	— 8,2	— 9,6	— 9,5	— 9,2
10 »	—9,6	—5,2	—5,7	—6,6	10 »	—10,5	—10,4	—10,3	— 9,8
Mittel	**—7,12**	**—2,16**	**—2,57**	**—3,27**	Mittel	— 9,07	**— 9,14**	**— 9,28**	**— 9,60**

Das Mittel sämmtlicher Beobachtungen des Versuchs B berechnet sich wie folgt:

	Humoser Kalksand		
	locker	mitteldicht	sehr dicht
Bodentemperatur vom 30/I—2/II 82	**—3,07**	**—3,21**	**—3,60.**

Es erhellt aus diesen Zahlen,

1) daß bei eintretendem Frostwetter und während desselben der Boden sich im dichten Zustande in bedeutenderem Grade abkühlt als im lockeren,

2) daß sich aber der Boden bei steigender Temperatur um so schneller und höher erwärmt, je dichter er ist.

Diese schnellere Erwärmung des Erdreichs macht sich aber bei eintretendem Thauwetter nicht sofort bemerkbar, wie dies aus den Beobachtungen vom 26.—31. December 1878, 1.—5. Februar und 6.—10. März 1879 (Versuch A) deutlich hervorgeht. Diese anfängliche Verzögerung in dem Steigen der Temperatur ist jedenfalls auf den vergleichsweise höheren Wassergehalt des dichten Bodens zurückzuführen, da um so mehr Wärme bei dem Schmelzen gebunden wird, je größer die in dem Boden enthaltenen Wassermengen sind. Ist der Boden aber aufgethaut, dann erhebt sich die Temperatur des dichten über die des lockeren sehr schnell, wegen der besseren Wärmeleitungsfähigkeit des ersteren. Letztere kann zur vollen Wirkung gelangen, weil die übrigen Faktoren, namentlich die Verdunstung, nur einen geringen Einfluß auf die Erwärmung wegen niedriger Lufttemperatur und schwacher Insolation der nach dem Aufthauen folgenden Zeitperiode nehmen können. Erst bei weiterem Steigen der Temperatur gewinnt die Verdunstung in der oben geschilderten Weise das Uebergewicht, aber auch nur so lange, als wie oben gezeigt, die Oberfläche des Bodens noch feucht ist.

Was schließlich die stärkere Erkaltung des dichten Bodens bei Frostwetter betrifft, so beruht dieselbe offenbar auf der besseren Wärmeleitung desselben, da in diesem Zustande keine anderen Unterschiede zwischen dem gelockerten und dichten Boden vorhanden sind.

Die Resultate der früheren und vorliegenden Untersuchungen zusammengefaßt, führen zu folgenden Schlußfolgerungen:

1) Von den für die Erwärmung des Bodens maßgebendsten Eigenschaften ist hauptsächlich die Wärmeleitungsfähigkeit desselben von der mehr oder weniger dichten Lagerung abhängig. Die Wärme wird um so besser fortgepflanzt, je näher die Bodentheilchen aneinander liegen, weil in dem Grade die vom Boden eingeschlossene Luftmenge vermindert und die Wasserkapacität erhöht, also der schlechte Leiter, die Luft, durch den besseren, das Wasser ersetzt wird und die Bodentheilchen in eine innigere Berührung mit einander treten.

2) Die mit der größeren oder geringeren Verdunstung des Bodens bei verschieden dichtem Zustande verbundene schwächere oder stärkere Erwärmung der obersten Schichten ist für die Temperatur der tieferen Schichten nur vorübergehend und dann nur in geringem Grade maßgebend, weil die gleichzeitig veränderte Wärmeleitungsfähigkeit in entgegengesetzter Richtung und in überwiegender Weise zur Wirkung gelangt.

3) Aus letzteren und den ad I bezeichneten Gründen ist der Boden



während der wärmeren Jahreszeit, bei steigender Temperatur und zur Zeit des täglichen Temperaturmaximums der Bodentemperatur um so wärmer, je dichter er ist; hingegen tritt während der kalten Jahreszeit, bei sinkender Temperatur und zur Zeit des täglichen Minimums der Bodentemperatur ein Ausgleich oder das umgekehrte Verhältniß ein.

4) Je dichter die Bodentheilchen aneinander gelagert sind, um so bedeutender sind die Temperaturschwankungen des Bodens.

C. Entstehung von Rissen und Spalten im Boden bei verschieden dichter Beschaffenheit.

Die Volumveränderungen, welche der Boden bei stärkerem Austrocknen erleidet, sind von dem Auftreten mehr oder weniger zahlreicher Sprünge und Risse begleitet, die wie leicht begreiflich, der Zahl und Ausdehnung nach verschieden sein werden, je nachdem der Boden den bei ihrer Bildung betheiligten Kräften einen größeren oder geringeren Widerstand entgegenzusetzen vermag.

Bei jedem Boden, der eine mehr oder weniger große Cohärescenz[1]) besitzt, haben die mit der Austrocknung verbundenen Volumveränderungen gewisse Spannungen in der Masse zur Folge, die sich sowohl in vertikaler, als auch namentlich in horizontaler Richtung geltend machen. Der in der Oberfläche eintretende Wasserverlust bedingt zunächst eine Zusammenziehung der obersten Bodenschicht, wodurch ein Zug von unten nach oben ausgeübt wird, der in dem Grade weiter nach abwärts rückt, als die Austrocknung nach der Tiefe hin zunimmt. Dabei muß sich die Erde selbstredend fester zusammensetzen und ihre Oberfläche in ein tieferes Niveau gelegt werden.

Für die Entstehung von Spalten in dem Boden sind hauptsächlich die in horizontaler Richtung bei dem Austrocknen eintretenden Spannungen von Belang. Offenbar werden diese um so weniger eine Trennung der Bodentheilchen herbeizuführen vermögen, je größer die Kraft ist, mit welcher die Bodentheilchen aneinander haften, je stärker sie sich gegen-

---

[1]) Vergl. *W. Schumacher*, Die Physik des Bodens. Berlin. 1864. S. 125.

Fr. Haberlandt, Ueber die Cohärescenz verschiedener Bodenarten und eine neue Methode zur Bestimmung desselben. Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Wien. 1875. Bd. I. S. 22—33.

Fr. Haberlandt, Ueber die Kohärescenzverhältnisse verschiedener Bodenarten. Diese Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 148—157.



seitig anziehen d. h. je größer die Cohärescenz des Bodens ist. Die Erfahrung lehrt aber, daß letztere selbst in den bündigsten Böden nicht ausreichend ist, um bei hinreichender Austrocknung den seitlichen Spannungen das Gleichgewicht zu halten und damit die Bildung von Rissen zu verhindern. Daß diese Spannungen sowohl an der Oberfläche als in der Tiefe ungleich sind, kann nicht befremden, da die Austrocknung und die damit verknüpfte Zusammenziehung der einzelnen Bodenparthien ungleich rasch vor sich geht. Da die obersten Bodenschichten am ehesten und stärksten austrocknen, so werden sich auch diese zuerst und in bedeutenderem Grade zusammenziehen, als die tiefer liegenden wasserreicheren. Die entstandenen Risse werden daher an der Oberfläche am weitesten sein und sich in die Tiefe in dem Maße verengern, als nach unten die Bodenfeuchtigkeit zunimmt.

Zieht man die hier in Kürze geschilderten Vorgänge bei der Bildung der Spalten im Boden in Betracht, dann kann es nicht schwer fallen, von dem diesbezüglichen Verhalten des Bodens bei dichter und lockerer Lagerung der Bodentheilchen eine Vorstellung zu gewinnen.

In Bezug auf die bei der Spaltenbildung in Betracht kommenden Eigenschaften unterscheidet sich der dichte Boden von dem lockeren hauptsächlich dadurch, daß bei ersterem in Folge der dichteren Aneinanderlagerung der Bodentheilchen die Cohärescenz bedeutend größer und wegen der besseren Kapillarität die Feuchtigkeit gleichmäßiger vertheilt ist und sich längere Zeit an der Oberfläche erhält, als bei letzterem. Für die gleichförmige Vertheilung des Wassers im dichten Boden sprechen außer den oben angeführten Daten auch die von *J. Nessler* gefundenen Zahlen. Es betrug nämlich der Unterschied:

	dicht	locker
in dem Wassergehalt zwischen der obersten und der untersten Schicht	6,18 %	11,06 %
» » » » » zweiten und » » »	1,75 %	2,69 %

Das längere Feuchtbleiben der oberen Schichten bei eintretender Trockenheit muß selbstredend zur Folge haben, daß im dichten Zustande des Bodens die auf eine Rissebildung hinwirkenden Spannungen später eintreten als im lockeren, d. h. also, daß sich die Spalten in den oberen Schichten um so später bilden, je dichter die Lagerung der Bodentheilchen ist. Hinsichtlich der Zahl, der Form und der Tiefe der Spalten sind dann weiterhin die Cohärescenzverhältnisse und

die Wasservertheilung von wesentlichstem Einfluß. Selbstredend wird der Effekt der seitlichen Spannungen um so schwächer sein müssen, je mehr der Boden die Fähigkeit besitzt, denselben das Gleichgewicht zu halten, je fester also die Bodentheilchen aneinanderhaften. Tritt eine stärkere Austrocknung des Bodens ein, so wird daher der dichte Boden eine geringere Zahl von Rissen zeigen, als der lockere. Liegen die Krümelchen in dem letzteren lose nebeneinander, wie etwa nach einer guten Bearbeitung des Bodens, so ziehen sich diese nach dem Austrocknen ebenfalls zusammen, aber zu einer merklichen Klüftebildung kommt es dabei nicht: die Hohlräume zwischen den Krümelchen werden nur größer. Indessen bleibt zu berücksichtigen, daß in der normal bearbeiteten Ackererde durch jeden Regen eine dichtere Aneinanderlagerung bewirkt und dadurch die gegenseitige Anziehung der Bodentheilchen gefördert wird. Bei trockener Witterung macht sich dann die Zusammenziehung der einzelnen Bodenparthien in der geschilderten Weise durch das Auftreten zahlreicher Sprünge in dem immer noch, namentlich in den tieferen Schichten lockeren Boden bemerkbar. Daß die Zahl derselben in diesem eine größere ist als im dichten Zustande desselben, beruht nicht allein auf den Verschiedenheiten in den Cohärescenzverhältnissen, sondern auch auf der vergleichsweise ungleichmäßigeren Wasservertheilung in dem ersteren. Letztere bedingt überdies, daß der Verlauf der Spalten in dem lockeren Boden ein unregelmäßigerer ist als in dem dichten.

Auf die Tiefe, bis zu welcher die Risse sich erstrecken, sind die Cohärescenzverhältnisse, demnächst die Wasservertheilung weiterhin von Belang. Die Trennung, die einmal in der Substanz vorhanden ist, muß sich aus mechanischen Gründen allmählich auf die benachbarte Masse fortpflanzen, wenn auch die ziehende Ursache bei Weitem nicht hinreicht, um in derselben selbstständig einen Riß hervorzurufen. Die beiden auseinander strebenden Wandungen der Spalte wirken gleichsam hebelartig, wodurch die Cohärescenz der benachbarten, hauptsächlich in vertikaler Richtung gelegenen Schichten überwunden wird. Die Spalte durchbricht nach und nach abwärts den Boden. Offenbar wird dieser Zug, der von einer bereits gebildeten Spalte auf die nächst gelegenen Bodenschichten ausgeübt wird, auf um so weitere Entfernungen seine Wirkung geltend machen, je inniger der Zusammenhang unter den Bodentheilchen und je gleichmäßiger das Wasser vertheilt ist. Aus diesen Gründen werden

sich die Risse des dichten Bodens auf größere Tiefen erstrecken und deren Seitenwände eine glattere Oberfläche besitzen als diejenigen des lockeren.

Die Wirkungen der bei der Spaltenbildung im Boden betheiligten Kräfte werden durch die auf Tafel I gegebenen Abbildungen illustrirt. Bei dem sub A Versuchsreihe III, Versuch II und sub B Versuch I aufgeführten und näher beschriebenen Versuche, traten bei der anhaltend trockenen Witterung in dem, im Allgemeinen wenig zur Krümelbildung geneigten reinen Kalksandboden (Isarsand) Risse auf, die wie die nach der Natur vom Referenten aufgenommenen Zeichnungen zeigen, der Zahl, der Form und dem Verlauf nach sehr verschieden waren. No. 1 stellt den lockeren, No. 2 den mitteldichten, No. 3 den sehr dichten Boden dar. Die Fläche war 1063 □cm groß. Das Gewicht der Böden, nach welchem die Dichtigkeit in den Lagerungsverhältnissen des Bodens bemessen werden kann, betrug

No. 1	No. 2	No. 3
20,61 kg	25,38 kg	28,50 kg.

Die Abbildungen bringen die aus obigen Erörterungen gezogenen Schlußfolgerungen mit voller Deutlichkeit zur Anschauung und zeigen zugleich, daß die Spalten im lockeren Boden breiter sind als im dichten. Die Ursache hiervon beruht jedenfalls darauf, daß die Hohlräume an der Stelle, wo sich die Risse bilden, bei lockerem Gefüge von Hause aus bedeutend größer sind als bei dichtem. Die geringe Cohärescenz des lockeren Bodens trat in diesen Versuchen noch dadurch in die Erscheinung, daß die Seitenwände der Spalten in der Tiefe stellenweise zusammenfielen, wodurch zum Theil ein Nachstürzen von Bodentheilchen von oben und damit eine größere Verbreiterung der Spalten in den oberen Schichten herbeigeführt wurde.

Das Endresultat läßt sich dahin präcisiren:

1) Die Risse, welche sich bei starker Austrocknung im Boden bilden, sind im Allgemeinen um so zahlreicher, von um so unregelmäßigerer Gestalt und größerer Breite, sowie von um so geringerer Tiefe, je lockerer die Bodentheilchen gelagert sind.

2) Die Ursachen hiervon beruhen auf der mehr oder weniger gleichmäßigen Vertheilung des Wassers und der größeren und geringeren Cohärescenz des Bodens in verschieden dichtem Zustande.

Witterungs-Beobachtungen.

In den folgenden Tabellen sind die fünftägigen Mittel der Lufttemperatur und der Niederschläge für die Versuchsjahre enthalten.

Die Temperaturen der Luft wurden für die Jahre 1875/76 und 1878 aus dem täglichen Maximum und Minimum nach den Angaben der Münchener Sternwarte[1]), diejenigen für die Jahre 1879 und 1880 aus den Beobachtungen der k. bayerischen meteorologischen Centralstation[2]) nach dem von dieser vorgeschriebenen Verfahren vom Referenten berechnet. Es wurden im letzteren Falle die um 8 U., 2 U., 8 U. gefundenen Werthe addirt und zu dieser Summe das Minimum hinzugefügt — selbstverständlich immer unter Berücksichtigung der Vorzeichen — und dann die so erhaltene Summe durch 4 dividirt.

Die Niederschlagsmengen wurden direkt auf dem Versuchsfelde an einem Regenmesser ermittelt, dessen kreisrunde Auffangfläche, von 0,1 □m Größe, sich über dem Erdboden 1 m hoch befand.

---

1) Meteorologische und magnetische Beobachtungen der k. Sternwarte in München. Herausgegeben von *v. Lamont*. Jahrgang 1875, 1876 und 1878.

2) Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königreich Bayern. Herausgegeben von der k. meteorologischen Centralstation durch *W. von Bezold* und *C. Lang*. München. 1880. 1881.

I. Lufttemperatur
in Graden nach Celsius.

Datum	1875	1876	1878	1879	1880
1. — 5. Mai	10,75	7,44	12,37	3,98	9,12
6. — 10. »	13,42	6,01	12,79	6,49	6,61
11. — 15. »	13,41	5,26	13,46	7,06	12,01
16. — 20. »	15,09	7,86	16,36	9,07	8,90
21. — 25. »	15,10	11,09	12,64	13,02	12,52
26. — 31. »	12,57	10,86	10,50	13,50	13,07
1. — 5. Juni	16,27	14,91	14,11	14,89	11,90
6. — 10. »	17,07	19,91	13,79	15,95	13,89
11. — 15. »	16,14	16,54	16,27	14,38	14,19
16. — 20. »	16,37	14,45	12,81	15,23	16,06
21. — 25. »	15,91	17,46	15,75	16,48	14,32
26. — 30. »	15,39	14,69	16,54	19,58	16,49
1. — 5. Juli	19,14	16,21	14,50	14,30	16,19
6. — 10. »	18,31	19,85	16,16	13,02	16,84
11. — 15. »	13,71	16,42	15,12	12,52	18,10
16. — 20. »	16,61	17,99	15,49	15,60	21,78
21. — 25. »	15,67	16,49	18,77	14,87	17,01
26. — 31. »	14,55	18,49	15,49	17,20	18,28
1. — 5. August	14,75	19,18	13,95	22,28	13,18
6. — 10. »	15,81	18,26	17,11	16,29	13,81
11. — 15. »	20,00	18,05	18,31	15,65	15,56
16. — 20. »	20,79	17,84	16,24	15,22	16,58
21. — 25. »	16,86	19,31	14,81	18,60	16,32
26. — 31. »	17,81	12,52	17,27	19,35	15,82
1. — 5. September	12,65	12,92	13,79	15,20	18,10
6. — 10. »	12,54	15,01	17,29	15,18	16,88
11. — 15. »	13,85	10,46	15,00	13,60	14,65
16. — 20. »	11,11	11,88	13,72	16,06	10,73
21. — 25. »	11,84	12,89	10,27	12,52	10,75
26. — 30. »	10,87	14,52	10,04	7,89	9,02
1. — 5. Oktober	8,09	12,10	9,77	10,50	9,36
6. — 10. »	9,37	15,06	11,09	6,98	12,67
11. — 15. »	5,06	14,37	9,56	7,55	6,78
16. — 20. »	3,86	10,30	9,71	4,76	8,44
21. — 25. »	5,94	6,04	10,04	4,18	4,06
26. — 31. »	0,57	5,04	7,16	3,85	5,89



II. Niederschlagsmengen
in Millimetern.

Datum	1875	1876	1878	1879	1880
1. — 5. Mai	22,50	35,88	31,40	19,35	5,85
6. — 10. »	2,75	20,36	30,45	34,00	47,46
11. — 15. »	13,10	3,96	19,65	7,50	8,10
16. — 20. »	30,56	—	8,08	31,73	10,00
21. — 25. »	19,67	14,73	27,42	2,34	12,16
26. — 31. »	5,28	13,30	11,45	12,76	63,84
Summa	**93,86**	**93,23**	**128,45**	**107,68**	**147,41**
1. — 5. Juni	—	13,79	37,20	23,05	17,80
6. — 10. »	17,02	17,95	10,05	3,22	22,91
11. — 15. »	12,05	23,82	13,15	18,00	9,73
16. — 20. »	44,93	27,25	4,52	21,60	6,24
21. — 25. »	11,82	27,64	27,25	37,70	38,55
26. — 30. »	22,84	41,69	0,30	17,00	10,30
Summa	**108,66**	**152,14**	**92,47**	**120,57**	**105,53**
1. — 5. Juli	8,18	45,70	27,95	35,71	78,61
6. — 10. »	23,44	6,56	26,40	26,23	25,30
11. — 15. »	8,70	—	19,05	25,10	12,80
16. — 20. »	42,85	6,01	—	2,50	15,95
21. — 25. »	12,90	2,00	4,90	13,35	21,24
26. — 31. »	4,70	9,09	52,10	17,90	19,60
Summa	**100,77**	**69,36**	**130,40**	**120,79**	**173,50**
1. — 5. August	13,88	20,95	15,50	—	24,00
6. — 10. »	27,85	—	18,80	33,55	37,92
11. — 15. »	5,20	—	12,50	—	42,53
16. — 20. »	—	—	17,37	32,08	10,68
21. — 25. »	9,50	25,84	34,65	53,85	50,77
26. — 31. »	18,82	29,62	63,66	1,33	3,45
Summa	**75,25**	**76,41**	**162,48**	**120,81**	**169,35**
1. — 5. September	19,83	6,74	3,40	12,95	—
6. — 10. »	—	14,04	11,15	18,67	9,39
11. — 15. »	—	9,55	22,20	—	5,25
16. — 20. »	—	18,36	3,18	1,69	40,76
21. — 25. »	15,85	10,76	8,32	24,37	12,75
26. — 30. »	19,23	27,19	46,50	19,25	0,30
Summa	**54,91**	**86,64**	**94,75**	**76,93**	**68,45**
1. — 5. Oktober	28,50	5,29	10,50	13,50	22,57
6. — 10. »	2,25	0,77	2,90	—	13,90
11. — 15. »	41,40	1,24	14,35	9,36	9,00
16. — 20. »	47,37	—	5,07	12,55	25,84
21. — 25. »	4,77	2,07	2,26	18,10	59,80
26. — 31. »	9,38	1,97	7,20	—	38,70
Summa	**133,67**	**11,34**	**42,28**	**53,51**	**169,81**

Neue Litteratur.

***Ch. Darwin.* Die Bildung der Ackererde durch die Thätigkeit der Würmer.** Aus dem Englischen übersetzt von *Victor Carus*. Stuttgart 1882. *R. Schweizerbart*'sche Verlagsbuchhandlung.

Verf. sucht in dem vorliegenden Werke an der Hand eigener und fremder Beobachtungen über die Veränderungen, welche die Ackererde im Laufe der Zeit erleidet, sowie über die Lebensweise der hierbei betheiligten Würmer, den Nachweis zu liefern, daß die ganze Ackererde über das ganze Land hin schon viele Male durch die Verdauungskanäle der Würmer gegangen sei und noch viele Male hindurchgehen werde, und daß daher der Ausdruck «thierische Ackererde» in manchen Beziehungen zutreffender sein würde, als der gewöhnlich gebrauchte «vegetabilische Ackererde». In Anbetracht, daß die vom Verf. behauptete chemische Veränderung der organischen Stoffe des Bodens nicht ohne Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften desselben bleiben könnte, sowie daß die Würmer, nach des Verf. Meinung, auch tiefeingreifende mechanische Veränderungen in dem Boden durch Verbringung feinerdiger Bestandtheile aus der Tiefe an die Oberfläche hervorrufen sollen, wird es gerechtfertigt erscheinen, an dieser Stelle den wesentlichsten Inhalt vorbezeichneter Arbeit wiederzugeben und die weitgehenden Folgerungen des Verf. einer kritischen Besprechung zu unterbreiten.

Am Schlusse seiner Arbeit faßt Verf. die Rolle, welche die Würmer bei der Bildung der Ackererde gespielt haben, wie folgt, zusammen:

«Die Regenwürmer haben in der Geschichte der Erde eine bedeutungsvollere Rolle gespielt, als die Meisten auf den ersten Blick annehmen dürften. In beinahe allen feuchten Ländern sind sie außerordentlich zahlreich und besitzen im Verhältniß zu ihrer Körpergröße bedeutende Muskelkraft. In vielen Theilen von England geht auf jedem Acre von Land ein Gewicht von mehr als 10 Tonnen (10,516 kg) trockener Erde jährlich durch ihren Körper und wird auf die Oberfläche geschafft, so daß die ganze oberflächliche Schicht vegetabilischer Ackererde im Verlaufe weniger Jahre wieder durch ihren Körper durchgeht. In Folge des Zusammenfallens der alten Wurmröhren ist die Ackererde in beständiger, wennschon langsamer Bewegung, und die dieselbe zusammensetzenden Theilchen werden hierdurch gegen einander gerieben. Mittelst dieser Vorgänge werden beständig frische Oberflächen der Einwirkung der Kohlensäure im Boden, ebenso auch der der Humussäuren ausgesetzt, welche bei der Zersetzung der Gesteine noch wirksamer zu sein scheinen. Die Erzeugung der Humussäuren wird wahrscheinlich während der Verdauung der vielen halbzersetzten Blätter, welche die Regenwürmer verzehren, beschleunigt. In dieser Weise werden die Erdtheilchen, welche die oberflächliche Humusschicht bilden, Bedingungen ausgesetzt, welche ihrer Zersetzung und ihrem Zerfall ganz eminent günstig sind. Ueberdies erfahren auch die Theilchen der weicheren Gesteinsarten einen gewissen Grad von Zerkleinerung in den Muskelmägen der Regenwürmer, in welchen kleine Steinchen wie Mühlsteine wirken.

Wenn die fein abgeglätteten Wurmexcremente in einem feuchten Zustande an die Oberfläche gebracht werden, fließen sie während regnerischen Wetters jeden mäßigen Abhang hinab, und die kleineren Theilchen selbst werden auf einer nur sanft geneigten Fläche weit hinab gewaschen. Wenn die Wurmexcremente trocknen, zerbröckeln sie oft in kleine Kügelchen und diese rollen dann gern auf jeder geneigten Fläche hinab. Wo das Land vollkommen eben und mit Pflanzenwuchs bedeckt ist, und wo das Klima feucht, so daß nicht viel Staub fortgeweht werden kann, da erscheint es auf den ersten Blick unmöglich, daß in der Luft eintretende Abtragung des Landes in einem irgendwie wahrnehmbaren Grade vorkommen sollte; Wurmexcrementmassen werden aber, besonders wenn sie feucht und klebrig sind, von den vorherrschenden Winden, welche mit Regen begleitet sind, in einer gleichförmigen Richtung weitergeweht. Auf diesen verschiedenen Wegen wird die oberflächliche Humusschicht verhindert, sich bis zu einer bedeutenden Mächtigkeit anzuhäufen; und eine dicke Schicht von Humus hemmt auf vielerlei Weise die Zersetzung der darunterliegenden Gesteine und Gesteinsfragmente.

Die Entfernung der Wurmexcremente durch die oben erwähnten Mittel führt zu Resultaten, welche bei weitem nicht bedeutungslos sind. Es ist nachgewiesen worden, daß eine Erdschicht von 0,2 Zoll Mächtigkeit an vielen Orten jährlich auf einem Acre auf die Oberfläche gebracht wird, und wenn auch nur ein kleiner Theil dieser Menge selbst eine kleine Strecke weit auf jeder geneigten Fläche abwärts fließt, rollt oder gewaschen wird, oder wiederholt nach einer Richtung hin geweht wird, so wird im Verlauf der Jahrhunderte eine bedeutende Wirkung erzielt werden. Es wurde durch Messungen und durch Berechnungen ermittelt, daß auf einer Oberfläche mit einer mittleren Neigung von 9° 26′ 2⁴/₁₀ Cubikzoll Erde, welche von Regenwürmern ausgeworfen worden war, im Verlauf eines Jahres eine horizontale Linie von einem Yard Länge überschritten, so daß 240 Cubikzoll über eine Linie von 100 Yards Länge nach unten vorrücken werden. Diese letztere Masse würde im feuchten Zustand 11½ Pfund wiegen. In dieser Weise bewegt sich ein beträchtliches Gewicht Erde beständig auf jeder Seite eines jeden Thales abwärts und wird mit der Zeit den Grund desselben erreichen. Endlich wird diese Erde von den in den Thälern fließenden Bächen und Strömen in den Ocean, diesem großen Reservoir für alle vom Lande abgetragene Substanz hinabgeschafft werden. Nach der jährlich vom Mississippi in das Meer abgelieferten Sedimentmasse ist es bekannt, daß sein ungeheuer großes Entwässerungsgebiet im Laufe eines Jahres um 0,00263 Zoll erniedrigt wird; und dies würde hinreichen, in vier und einer halben Million Jahren das ganze Entwässerungsgebiet auf das Niveau des Meeresufers herabzubringen. Wenn daher ein kleiner Bruchtheil der Schicht feiner Erde von 0,2 Zoll Mächtigkeit, welche jährlich von den Regenwürmern an die Oberfläche gebracht wird, fortgeschafft wird, so wird nothwendigerweise innerhalb einer Periode, welche kein Geologe für äußerst lang ansehen würde, ein großes Resultat hervorgebracht werden.

Die Archäologen sollten den Regenwürmern dankbar sein, da sie für eine ganz unbestimmt lange Zeit jeden, nicht der Zersetzung unterliegenden Gegenstand, welcher auf die Oberfläche gefallen ist, durch das Eingraben desselben unter ihre Excrementmassen schützen und bewahren. In dieser Weise sind auch viele elegante und merkwürdig getäfelte Pflaster und andere antike Reste erhalten worden,

obschon ohne Zweifel in diesen Fällen die Regenwürmer in großem Maße dadurch unterstützt worden sind, daß Erde von dem benachbarten Lande, besonders wenn sich dasselbe in Kultur befand, herabgewaschen oder geweht worden ist. Selbst alte massive Mauern können unterminirt und zum Einsinken gebracht werden; und in dieser Hinsicht ist kein Gebäude sicher, wenn nicht die Fundamente 6 oder 7 Fuß tief unter der Oberfläche liegen, in einer Tiefe, in welcher die Regenwürmer nicht arbeiten können. Es ist wahrscheinlich, daß viele Monolithe und manche alten Mauern deshalb umgestürzt sind, weil sie von Regenwürmern unterminirt waren.

Würmer bereiten den Boden in einer ausgezeichneten Weise für das Wachsthum der mit Wurzelfasern versehenen Pflanzen und für Sämlinge aller Arten vor. Sie exponiren die Ackererde periodisch der Luft und sieben sie so durch, daß keine Steinchen, welche größer sind als die Partikel, die sie verschlucken können, in ihr übrig bleiben. Sie mischen das Ganze innig durcheinander, gleich einem Gärtner, welcher feine Erde für seine ausgesuchtesten Pflanzen zubereitet. In diesem Zustand ist sie gut dazu geeignet, Feuchtigkeit zurückzuhalten und alle löslichen Substanzen zu absorbiren, ebenso auch für den Proceß der Salpetererzeugung. Die Knochen todter Thiere, die härteren Theile von Insekten, die Schalen von Landmollusken, Blätter, Zweige u. s. w. werden in kurzer Zeit sämmtlich unter den sich auf ihnen anhäufenden Excrementmassen der Regenwürmer begraben und in dieser Weise in einem mehr oder weniger zersetzten Zustande in erreichbare Nähe für die Pflanzenwurzeln gebracht. Regenwürmer ziehen gleichfalls eine unendliche Anzahl abgestorbener Blätter und anderer Pflanzentheile in ihre Röhren, zum Theil zum Zwecke dieselben damit zuzustopfen, zum Theil aber auch zur Nahrung.

Die Blätter, welche zur Nahrung in die Wurmröhren gezogen werden, werden, nachdem sie in die feinsten Fäden zerrissen, theilweise verdaut und mit den Absonderungsflüssigkeiten des Darms und der Harnorgane gesättigt sind, mit viel Erde gemischt. Diese Erde bildet dann den dunkel gefärbten reichen Humus, welcher beinahe überall die Oberfläche des Landes mit einer ziemlich scharf umschriebenen Schicht oder einem Mantel bedeckt.

V. Hensen brachte zwei Würmer in ein Gefäß von 18 Zoll Durchmesser, welches mit Sand gefüllt war, auf welchen Blätter zerstreut wurden; dieselben wurden sehr bald bis zu einer Tiefe von 3 Zoll in die Wurmröhren gezogen. Nach ungefähr 6 Wochen war eine beinahe gleichförmige Schicht von Sand in einer Dicke von einem Centimeter (0,4 Zoll engl.) dadurch in Humus umgewandelt, daß er durch den Darmkanal dieser zwei Würmer hindurchgegangen war. Von einigen Personen wird angenommen, daß die Wurmröhren, welche häufig den Boden beinahe senkrecht bis zu einer Tiefe von 5 oder 6 Fuß durchbohren, wesentlich zu seiner Entwässerung beitragen, trotzdem daß die über den Mündungen der Röhren aufgehäuften zähen Excrementmassen das Regenwasser verhindern oder aufhalten, direkt in die Röhren zu dringen. Sie lassen die Luft tief in den Boden hinabdringen. Sie erleichtern auch bedeutend das Hinabdringen der Wurzeln mäßiger Größe; und diese werden durch den Humus, mit welchem die Wurmröhren ausgekleidet sind, ernährt werden. Viele Samenkörner verdanken ihre Keimung dem Umstande, daß sie mit Wurmexcrementen bedeckt wurden; andere, bis zu

einer beträchtlichen Tiefe unter aufgehäuften Excrementmassen begraben, liegen schlafend dort, bis sie in irgend einer zukünftigen Zeit zufällig entblößt werden und keimen.

Regenwürmer sind nur kümmerlich mit Sinnesorganen versehen, denn man kann nicht sagen, daß sie sehen, obgleich sie so eben noch zwischen Hell und Dunkel unterscheiden können; sie sind vollkommen taub und haben nur ein schwaches Riechvermögen; nur der Gefühlssinn ist gut entwickelt. Sie können daher nur wenig von der sie umgebenden Welt erfahren, und es ist überraschend, daß sie beim Auskleiden ihrer Röhren mit ihren Excrementen und mit Blättern und, bei manchen Species, beim Aufhäufen ihrer Excrementmassen zu thurmartigen Gebäuden einiges Geschick entwickeln. Es ist aber noch weit überraschender, daß sie in der Art und Weise, wie sie die Mündungen ihrer Röhren zustopfen, augenscheinlich einen gewissen Grad von Intelligenz darbieten, anstatt einem bloßen blinden instinctiven Antriebe zu folgen. Sie verfahren dabei nahezu in derselben Weise, wie ein Mensch es thun würde, welcher eine cylindrische Röhre mit verschiedenen Arten von Blättern, Blattstielen, Papierdreiecken u. s. w. zu schließen hätte; denn sie ergreifen gewöhnlich solche Gegenstände bei ihren spitzen Enden. Aber bei dünnen Gegenständen wird eine gewisse Anzahl bei dem breiten Ende hineingezogen. Sie handeln nicht in allen Fällen in ein und derselben unveränderlichen Art und Weise, wie es die meisten niederen Thiere thun; sie ziehen beispielsweise Blätter nicht bei den Stielen ein, wenn nicht der Basaltheil der Blattscheibe so schmal wie der Spitzentheil oder schmäler ist.

Wenn wir eine weite mit Rasen bedeckte Fläche betrachten, so müssen wir dessen eingedenk sein, daß ihre Glätte, auf welcher ihre Schönheit in einem so hohen Grade beruht, hauptsächlich dem zuzuschreiben ist, daß alle die Ungleichheiten langsam von den Regenwürmern ausgeebnet worden sind. Es ist wohl wunderbar, wenn wir uns überlegen, daß die ganze Masse des oberflächlichen Humus durch die Körper der Regenwürmer hindurchgegangen ist und alle paar Jahre wiederum durch sie hindurchgehen wird. Der Pflug ist einer der allerältesten und werthvollsten Erfindungen des Menschen; aber schon lange, ehe er existirte, wurde das Land durch Regenwürmer regelmäßig gepflügt und wird fortdauernd noch immer gepflügt. Man kann wohl bezweifeln, ob es noch viele andere Thiere gibt, welche eine so bedeutungsvolle Rolle in der Geschichte der Erde gespielt haben, wie diese niedrig organisirten Geschöpfe. Indessen haben einige andere noch niedriger organisirte Thiere, nämlich die Corallen, bei weitem in die Augen fallendere Thätigkeit darin entfaltet, daß sie unzählige Riffe und Inseln in den großen Weltmeeren gebaut haben; diese sind aber beinahe ganz auf die tropischen Zonen beschränkt.»

Anmerkung des Referenten. Die Schlußfolgerungen des Verf. lassen sich bei näherer Prüfung nicht als berechtigt anerkennen, weil dieselben mit den realen Verhältnissen nicht in Einklang zu bringen und die Beobachtungen, weil der experimentellen Grundlage entbehrend, meist unzulänglich sind.

Vor Allem ist es auffallend, daß Verf. über die Menge der in der Ackererde auftretenden Würmer keine näheren Erhebungen gemacht hat, und in Bezug hierauf einfach den Angaben *V. Hensen*'s folgt, welche sich auf die in einem Garten gefundene Anzahl von Würmern gründen. Die auf solche Weise gefundenen Daten

geben aber durchaus keine Vorstellung von dem Vorkommen der Würmer an anderen Orten, da das letztere, wie die einfache Erfahrung lehrt, von einer Reihe äußerer Umstände abhängig ist. Regenwürmer kommen in größter Menge in lockeren, humosen, feuchten Böden vor, während ihr Auftreten ein spärliches ist, wo der Boden fest ist und eine mehr trockene Beschaffenheit besitzt. Wenn daher in der Mehrzahl der Fälle die Menge der Regenwürmer eine bedeutend geringere ist, als Verf. annimmt, und sich aber dennoch eine normale und unter Umständen humose Ackerkrume bildete, so ist doch damit offenbar der Beweis geliefert, daß sowohl bei der Entstehung der Ackerkrume und bei der Humusbildung in derselben den Regenwürmern keine bedeutende Rolle zuertheilt sein konnte.

Abgesehen von vorstehenden Bedenken spricht gegen die Hypothese des Verf. weiter der Umstand, daß bei vorurtheilsfreier Beobachtung der Effect der Thätigkeit der Würmer in der vom Verf. geschilderten Weise sich in Wirklichkeit nicht constatiren läßt. Wäre des Verf. Ansicht richtig, «daß die ganze oberflächliche Schicht vegetabilischer Ackererde im Verlauf weniger Jahre durch den Körper der Würmer gehe», daß von den Würmern jährlich eine nicht unbeträchtliche Menge von Feinerde an die Oberfläche geschafft werde, daß die Würmer die Ackererde so durchsiebten, «daß keine Steinchen, welche größer sind als die Partikel, die sie verschlucken können, in ihr übrig bleiben», so müßte die Ackererde in ihrer chemischen und physikalischen Beschaffenheit so durchgreifende Veränderungen erleiden, welche ohne eine nähere Untersuchung und namentlich in ebenen Lagen der Felder schon bei einer oberflächlichen Augenscheinnahme sich feststellen und jede mechanische Bearbeitung des Bodens als überflüssig erscheinen lassen müßten. Von derartigen durchgreifenden und sichtbaren Veränderungen des Bodens läßt sich aber in Wirklichkeit nichts wahrnehmen. Im Gegentheil weiß jeder Praktiker, daß die feinerdigen Bestandtheile der Ackererde durch die atmosphärischen Wässer allmählich in die Tiefe gewaschen werden, und daß die tieferen Schichten öfter künstlich durch Pflügen an die Oberfläche gebracht werden müssen, wenn namentlich auf den bindigen Bodenarten die durch den Luftabschluß bedingte für das Pflanzenwachsthum nachtheilige Beschaffenheit derselben beseitigt werden soll und daß das Ackerland, wenn es längere Zeit der Ruhe überlassen bleibt, in chemischer und physikalischer Hinsicht für die Vegetation schädliche Veränderungen erleidet, die ebenfalls nur durch eine durchgreifende Bearbeitung beseitigt werden können. Solche Maßnahmen wären aber völlig nutzlos, wenn die Würmer in der Erde eine so energische Thätigkeit entfalteten, wie sie Verf. schildert.

Die weitere Annahme des Verf., daß der im Vergleich zu den tieferen Schichten hohe Feinerde- und Humusgehalt der Ackererde hauptsächlich nur der Mitwirkung der Regenwürmer zu verdanken sei, entbehrt ebenfalls jeder Begründung. Die größere Menge von Feinerde in den oberen Bodenschichten erklärt sich einfach aus dem Umstande, daß in diesen der Verwitterungsproceß auf die Zertrümmerung der Gesteinstheilchen energischer wegen ungehinderten Zutrittes der Atmosphärilien hat einwirken können, als auf die tiefer liegenden Bodenparthien. Daß die oberen Schichten humusreicher sind als die tieferen, kann ebenfalls nicht Wunder nehmen, wenn man berücksichtigt, daß sich in jenen die Pflanzenwurzeln hauptsächlich ausbreiten und daß alle künstlich zugeführten organischen Stoffe nur diesen Schichten einverleibt werden.



Was die Vergrabung von Bauwerken und Steinen betrifft, so braucht man hierzu ebenfalls nicht, wie der Verf., die Hülfe der Regenwürmer in Anspruch zu nehmen. Wird beispielsweise ein Stein (vergl. Fig. 6, S. 85 des Originals) seitwärts von Erde allmählich überbankt, so beruht dies darauf, daß der Wind, welcher immer erdige Bestandtheile mit sich führt, diese, bei dem Steine angelangt und zur Ruhe gebracht, absetzt. Auf solche Verwehungen ist zweifellos auch die Bedeckung von Wegen und Bauwerken u. s. w. zurückzuführen, falls nicht, was sich nicht immer feststellen lassen wird, Verschüttungen durch Abrutsch oder künstlichen Eingriff des Menschen stattgefunden haben.

Was schließlich die Behauptung betrifft, daß die Ungleichheiten weiter mit Rasen bedeckter Flächen von den Regenwürmern ausgeebnet würden, so entbehrt dieselbe ebenfalls jeder Begründung. Es ist auch wohl schwer einzusehen, welches Interesse die Würmer daran haben könnten, „weite" Grasflächen zu ebnen.

Alles zusammengefaßt ergiebt sich aus Vorstehendem, daß der Verf. die Rolle, welche die Würmer in der Bildung der Ackererde gespielt haben und noch spielen, weit überschätzt hat. Eine Reihe von Veränderungen der Ackerkrume wird der Thätigkeit der Regenwürmer zugeschrieben, ohne daß dafür ein experimenteller Beweis geliefert wird und die auf Grund von Annahmen gezogenen Schlußfolgerungen widersprechen vielfach den thatsächlichen Verhältnissen. Ob überhaupt die Regenwürmer, selbst da wo sie massenhaft auftreten, in irgend welchem Grade durch ihre Thätigkeit einen fördernden Einfluß auf die Fruchtbarkeit der Ackererde auszuüben vermögen, bleibt sehr fraglich; Referent glaubt sich vielmehr nach seinen eigenen Erfahrungen zu der Behauptung berechtigt, daß die Regenwürmer den Pflanzen schädlich seien, denn überall, wo sie in einem abgeschlossenen Bodenvolumen oder in großen Mengen sich vorfinden, gehen die Pflanzen entweder zu Grunde, oder zeigen doch ein kümmerliches Wachsthum, eine Erfahrung, die durch Beobachtungen der Gärtner und Landwirthe hinlänglich gestützt wird. *E. W.*

Th. Schlösing. **Ueber die Fixation des atmosphärischen Stickstoffs durch die Ackererde.** Ann. de Chim. et de Phys. Bd. 24. S. 284—288 und Chemisches Centralblatt 1881. Nr. 46. S. 729.

In einer früheren Mittheilung hat Verf. den Gedankengang mitgetheilt, welcher ihn veranlaßt hat, seine Untersuchungen über das atmosphärische Ammoniak zu unternehmen; er zeigte, daß die Stickstoffverbindungen während ihrer Wanderung durch das Pflanzen-, Thier- und Mineralreich Verluste erleiden, die nothwendig ergänzt werden müssen, und daß der einzige, bis dahin nachgewiesene Ersatz aus der direkten Verbindung des Stickstoffes mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre unter dem Einflusse elektrischer Spannungen zu erblicken sei. Hiernach gewinne auch die Elektricität einen Antheil an dem Leben der Organismen. Späterhin hat Verf. beobachtet, daß der feste Erdboden wesentlich die Funktion eines Nitrifikators übt, indem er die Stickstoffverbindungen in Salpetersäure verwandelt, welche im Meere in Ammoniak umgesetzt wird. In dieser Verbindung besitzt der Stickstoff die größte Verbreitungsfähigkeit, indem er aus dem Meere in die Luft übergeht und hier durch die Winde überall hin verbreitet werden kann.

Dieser Ansicht steht eine andere von *Dehérain* gegenüber, nach welcher die Ackererde in ihrer Wechselwirkung mit der Luft, mit den Wässern, mit den

Pflanzen und mit dem Dünger mehr verbundenen Stickstoff verliert, als sie erhält und das Deficit durch direkte Fixation von organischem Stickstoff ergänzt. Diese Ansicht würde bewiesen sein, wenn sich eine Stickstoffzunahme einer Erde innerhalb einer Atmosphäre, die frei von salpetrigen Gasen und von Ammoniak ist, darthun ließe. Allein dieser Beweis ist bis jetzt nicht geliefert, im Gegentheil hat *Boussingault* gezeigt, daß eine Ackererde, welche 10 Jahre lang in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre aufbewahrt war, nicht reicher an Stickstoffverbindungen wird. Anstatt die Stickstoffverbindung in der Erde selbst nachzuweisen, hat *Dehérain* zahlreiche Versuche ausgeführt, welche darthun sollten, daß der gasförmige Stickstoff durch verschiedene organische Substanzen fixirt werden kann. Verf. hat, um sich von der Richtigkeit dieser Versuche zu überzeugen, den größten Theil derselben wiederholt und dabei namentlich darauf geachtet, daß alle Fehlerquellen, welche hier Platz greifen können, vermieden werden.

Es wurden zuerst Versuche in geschlossenen Röhren ausgeführt. Eine am oberen Ende verengte Röhre wurde mit ausgekochten Lösungen von Natron und Traubenzucker gefüllt und dann zu einer feinen Spitze ausgezogen, welche zunächst offen blieb. Man erwärmte die Röhre dann im Wasserbade, bestimmte die Temperatur desselben und schmolz die Oeffnung zu. Nach längerer Erhitzung extrahirte man das Gas mittels der Quecksilberpumpe und öffnete die Röhre unter Quecksilber. Das eingetretene Quecksilber ist gleich dem Volum der ursprünglich in der Röhre enthaltenen Luft. Das extrahirte Gas wurde gemessen und analysirt. Folgendes sind die Resultate von 5 Versuchsreihen:

Bei I, II, III wurde 98 Stunden und bei IV und V 92 Stunden lang erhitzt.

	I	II	III	IV	V
Traubenzucker	4,3 g	4,3 g	4,3 g	5 g	5 g
Natron	4,3 »	4,8 »	4,3 »	15 »	15 »
Wasser	14,0 »	14,0 »	14,0 »	20 »	20 »
Extrahirtes Gas	31,43 ccm	34,56 ccm	28,59 ccm	39,50 ccm	41,55 ccm
enthaltend C_2H_4?	0,25 % (C_2H_4? + H)	0,45 %	0,52 %	0,15 %	0,19 %
enthaltend H				25,22 »	24,80 »
enthaltend N	99,75 »	99,55 »	99,48 »	74,63 »	75,01 »
Wiedergefundener Stickstoff	31,36	34,40	28,44	29,48	31,09
Verbrauchter Stickstoff . .	31,09	34,19	28,37	29,40	31,20
	+0,27	+0,21	+0,07	+0,08	−0,11

Es ist also kein Stickstoff fixirt worden, obwohl in den Röhren IV und V Entwickelung von Wasserstoff stattgefunden hat, welcher sich also im Entstehungszustände befinden mußte. Analoge Versuche, in langhalsigen Ballons ausgeführt, in welche man bis 20 Gramm Traubenzucker mit Ammonik oder Natron brachte, haben kein anderes Resultat ergeben.

Bei einer anderen Versuchsreihe wurde Stickstoff durch gemischte Lösungen von Traubenzucker und Alkali geleitet. *Dehérain* ließ einen Stickstoffstrom durch eine Lösung von Traubenzucker und Natron streichen. Das Gemenge ergab nachher bei der Analyse mit Natronkalk Ammoniak; Traubenzucker und Natron für sich lieferten dagegen kein Ammoniak, woraus *Dehérain* schloß, daß das Ammoniak von durch den Traubenzucker fixirten Stickstoff herrühre. Allein er hat das

Natron nicht auf Nitrate geprüft, welche fast immer darin enthalten sind. Nun ist bekannt, daß Natron allein mit Natronkalk keine Spur von Ammoniak giebt, wohl aber, wenn es mit Traubenzucker gemischt ist, in welchem Falle aller in ihm enthaltener Salpeter in Ammoniak umgewandelt wird. Es ist daher die Annahme gestattet, daß der vermeintlich fixirte Stickstoff wahrscheinlich von Nitraten hergerührt hat, und diese Annahme erklärt auch die Nützlichkeit eines von *Dehérain* angewendeten großen Ueberschusses von Natron, da in einem solchen Falle offenbar mehr Ammoniak gefunden werden muß, als in kleinen Mengen. Bei Wiederholung dieser Versuche beschränkte sich Verf. auf die Bestimmung des gasförmigen Stickstoffes vor und nach dem Durchleiten des Gases. Um eine Volumveränderung besser constatiren zu können, wurde nur wenig Stickstoff angewendet, damit aber gleichwohl das Durchleiten längere Zeit fortgesetzt werden konnte, wurde der Ballon, welcher das Natron und den Traubenzucker enthielt, evacuirt und mit reinem Stickstoff gefüllt, welchen man dann mit Hülfe einer Luftpumpe immer wieder von neuem durch die Lösung trieb. Bei drei Versuchen, wo das Gewicht des Traubenzuckers zwischen 10 und 15 Grammen und das des Natrons zwischen 25 und 55 Grammen variirte und die Versuchsdauer 6, resp. 12 und 32 Stunden dauerte, wurden folgende Resultate erhalten:

Eingeführter Stickstoff	146,19 ccm	} −0,55	137,53 ccm	} −0,30	171,74 ccm	} +0,90
Extrahirter »	145,64 »		137,23 »		172,64 »	

Eine dritte Versuchsreihe wurde angestellt, um den Einfluß der organischen Substanzen und der Temperatur zu bestimmen. Es wurde eine frische Ackererde benutzt, entweder in reinem Zustande oder mit verschiedenen Alkalien gemischt. Sie wurde in einen Ballon gebracht und dessen Hals nachher umgebogen. Hierauf evacuirte man den Ballon und ließ reinen Stickstoff eintreten. So blieb das Gefäß sich selbst überlassen, indem der offene Hals unter eine, in einer Quecksilberwanne aufgestellten Eprouvette geführt wurde. Schließlich wurden die ausgetretenen Gase mit denjenigen, welche noch im Kolben zurückgeblieben waren und die man mittels der Luftpumpe extrahirte, vereinigt und analysirt. Fünf Versuche ergaben folgende Resultate:

	I	II	III	IV	V
Lufttrockene Erde	160 g	150 g	150 g	150 g	150 g
Wasser	50 »	40 »	40 »	40 »	40 »
		Kreide 50	Kalk 50	Soda 44	Potasche 30
Extrahirte Gase: verbrennbare	6,5 ccm	2,2 ccm	0 ccm	3,5 ccm	1,2 ccm
Extrahirte Gase: CO_2	481,1	413,9	0	0,40	0
Extrahirte Gase: Stickstoff	239,1	267,7	165,4	203,9	228,6
Eingeführter Stickstoff	220,4	256,2	164,3	200,3	227,6
	+ 18,7	+ 11,5	+ 1,1	+ 3,6	+ 1,0

Bei diesen Versuchen wurden also beträchtliche Variationen zwischen dem Volum des eingeführten und des extrahirten Stickstoffes beobachtet, allein sie weisen alle eine Entwickelung und nicht eine Absorption von Stickstoff nach.

Im Ganzen also ergiebt sich, daß weder in geschlossenen Röhren, noch beim Durchleiten des Stickstoffes wahrnehmbare Mengen desselben fixirt werden, ebenso

wenig wie die Ackererde aus einer sauerstofffreien Atmosphäre dieses Gas zu fixiren vermochte.

E. W. Prevost. **Ueber die Wirkungen des Pflanzenwuchses auf die Menge der dem Boden durch das Regenwasser entzogenen Substanzen.** Journal of the Chemical Society. Okt. 1881 und Biedermann's Centralblatt für Agrikulturchemie. 1882. Bd. XI. S. 2.

Bei einer früheren Arbeit hatte Verf. gefunden, daß aus einem mit Pflanzen (Klee) bestandenen Boden bedeutend geringere Mengen an festen Substanzen mit dem Drainwasser fortgeführt wurden, als aus demselben Boden, solange er ohne Vegetation war. Diese Versuche sind im vorigen Jahre in ausgedehnterem Maße wiederholt worden.

Je 100 ℔ (à 0,45 kg) Boden wurden in 10 Zoll tiefe, glasirte Steingutschalen, welche am Boden mit einem Loch für den Abfluß des Wassers versehen, gebracht. Der Boden enthielt in der Trockensubstanz:

Lösliche Salze (Sulfate u. Spuren Chloride):	0,680 %	
Organische Substanzen	11,80 »	(darin N = 0,436 Ammoniak)
Kieselsäure	24,54 »	
Phosphorsäure	1,185 »	
Kohlensaurer Kalk	53,98 »	
Thonerde	3,065 »	
Eisenoxyd	3,84 »	
Magnesia	0,58 »	
Kali	0,451 »	

Die Schalen wurden besäet:

Nr. I mit Klee[1]) am 4. Mai,
» II blieb nackt,
» 3 mit Kohl am 18. Juni,
» 4 » Weizen » » »
Nr 5 mit Bohnen am 18. Juni,
» 6 » Cowgrass (Klee) » » »
» 7 » Garten-Turnips » » »
» 8 blieb nackt.

Die Schalen standen im Freien an mäßig geschütztem Ort. Bei Trockenheit erhielten die Böden gleiche Quantitäten destillirten Wassers. Am 21. September wurden sämmtliche Pflanzen ausgehoben und ihre Gesammt-Trockensubstanz, Asche u. s. w. bestimmt. Die Resultate sind in folgender Tabelle enthalten.

	Sickerwasser L	Feste Substanzen im Sickerwasser g	Gesammt-Trockensubstanz der Pflanzen g	Gesammt-Asche der Pflanzen g	Gesammtmenge der durch Pflanzen und Wasser dem Boden entzogenen festen Substanzen g	Entwickelung der Pflanzen
I Klee	20,26	7,092	121,90	21,32	28,112	sehr kräftig.
II nackt	24,54	25,576	—	—	25,576	—
3 Kohl	10,91	5,093	30,64	3,53	8,569	schwach.
4 Weizen	14,90	6,463	41,86	8,05	14,513	kräftig und gesund. Blüthe nur erreicht.
5 Bohnen	11,97	6,942	138,24	10,42	17,364	sehr gesund, starke Schoten, gut ausgebildet.
6 Klee	9,12	5,422	134,37	18,503	23,925	sehr kräftig und gesund.
7 Turnips	18,95	7,024	22,01	2,69	10,714	schwach, Blätter gesund und entwickelt, Rüben nicht.
8 nackt	14,95	12,862	—	—	12,862	—

[1]) Die Schalen I und II waren kleiner als die übrigen, was bei den späteren Zahlenangaben zu berücksichtigen ist.

Die Menge der in den Abflußwässern enthaltenen festen Substanzen ist nach vorstehenden Zahlen durchweg geringer bei den mit Pflanzen bestandenen Böden als bei den nackten Böden; auch die Quantität des Sickerwassers ist bei letzteren beträchtlich größer.

Die Menge des Sickerwassers in Procenten vom Regenfall[1]) betrug:

bei	I	II	3	4	5	6	7	8
	26,5	32,1	15,3	21,1	14,1	12,9	26,8	21,2.

Als allgemeines Resultat aus den Versuchen[2]) glaubt Verf. aussprechen zu dürfen, daß es nicht räthlich ist, den Boden vollständig brach, ohne Vegetation liegen zu lassen, weil derselbe hierbei mehr Nährstoffe mit dem Drainwasser verliert, als wenn er mit Pflanzen bestanden ist.

Anmerkung des Referenten. Die Schlußfolgerungen des Verf. müssen in der Allgemeinheit, in welcher sie aufgestellt werden, zu mancherlei Bedenken Veranlassung geben. Wo nämlich der Boden durch die vorhergehende Vegetation stark ausgetrocknet wurde — ein Fall, der außerordentlich häufig vorkommen dürfte — da gewährt vollständige Brachhaltung den großen Nutzen, daß sich Wasser für die folgende Vegetation in größeren Mengen im Boden ansammelt, weil letzterer im nackten Zustande bedeutend weniger Wasser verdunstet, als wenn er mit Pflanzen bestanden ist. Ein Verlust an Nährstoffen durch Auswaschung kann hier nicht eintreten, weil die zugeführten atmosphärischen Wässer ausschließlich zur Anfeuchtung des trockenen Erdreiches dienen und Sickerwasser überhaupt nicht auftreten. Die Brachhaltung wird im Sinne des Verf. nur dann vermieden werden müssen, wenn sich der Boden im stark feuchten Zustande befindet und derselbe nur ein geringes Absorptionsvermögen für Pflanzennährstoffe besitzt.

Abgesehen von Vorstehendem ist es zweifelhaft, ob die vom Verf. erhaltenen Resultate ohne Weiteres zur Beurtheilung der in der Natur bestehenden Verhältnisse herangezogen werden können. Die Mächtigkeit der Bodenschicht war eine viel zu geringe und es erklärt sich hieraus die relativ große Menge von festen Substanzen in den Sickerwassern. In Wirklichkeit wird jedenfalls ein erheblicher Theil der letzteren von den tieferen Erdschichten absorbirt und wird damit für die Pflanzenwelt erhalten. Auch scheinen bei Ausführung der Versuche manche Unregelmäßigkeiten untergelaufen zu sein. Nach den sehr zahlreichen Versuchen des Ref. sind die Sickerwasser des mit Pflanzen bedeckten Bodens ausnahmslos sehr beträchtlich geringer als die des nackten. Im Gefäß 4 sind aber die betreffenden Wassermengen gleich, in Gefäß 7 hat sogar der mit einer Vegetation versehene Boden bedeutend mehr abgesickert, als der brachliegende. Diese Zahlen sind daher entschieden unrichtig. *E. W.*

E. Wollny. **Die Bodenwärme und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben.** Allgem. Hopfenzeitung. 1881. Nr. 185/6.

E. Wollny. **Ueber das Walzen des Ackerlandes.** Ibidem. 1881. Nr. 193/194.

---

[1]) Vergl. *E. Wollny*, Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin. 1877. *Wiegandt, Hempel* und *Parey*.

[2]) Die Analysen der Sickerwasser und die daran geknüpften Bemerkungen des Verf. sind, weil nicht hierher gehörig, in obigem Referat weggelassen worden.

II. Physik der Pflanze.

Ueber die Möglichkeit, die unter gewöhnlichen Verhältnissen durch grüne beleuchtete Pflanzen verarbeitete Kohlensäure durch Kohlenoxydgas zu ersetzen.

Von Professor Dr. **L. Just** in Karlsruhe.

Im Jahre 1870 veröffentlichte *A. Baeyer* eine Abhandlung «Ueber die Wasserentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben und die Gährung[1])». In dieser Abhandlung theilt *Baeyer* eine interessante Hypothese über die Entstehung von Kohlenhydraten in Pflanzen mit. *Baeyer* geht von der Anschauung aus, daß in Verbindung mit der Kohlensäurezerlegung durch die grüne Pflanze, eine Zuckerart entstehe, welche sich dann weiter in andere Kohlenhydrate und verwandte Körper umwandeln könne. Der Verfasser hat von dem etwaigen Vorgang die nachstehend mitgetheilte Anschauung: «Man hat vielfach auf die Aehnlichkeit hingewiesen, welche zwischen dem Blutfarbstoff und dem Chlorophyll existirt. Danach muß es auch als wahrscheinlich erscheinen, daß das Chlorophyll ebenso wie das Hämoglobin CO bindet. Wenn nun Sonnenlicht Chlorophyll trifft, welches mit CO_2 umgeben ist, so scheint die Kohlensäure dieselbe Dissociation wie in hoher Temperatur zu erleiden, es entweicht Sauerstoff und das Kohlenoxyd bleibt mit dem Chlorophyll verbunden. Die einfachste Reduction des Kohlenoxyds ist die zum Aldehyd der Ameisensäure, es braucht nur Wasserstoff aufzunehmen: $CO + H_2 = COH_2$ und dieser Aldehyd kann sich unter dem Einfluß des Zelleninhalts ebenso wie durch Alkalien in Zucker verwandeln.» — Mit den citirten Schlußworten knüpft *Baeyer* an eine Beobachtung *Butlerows*[2]) an. Dieser Forscher erhielt durch Einwirkung von Alkalien auf Formaldehyd einen zuckerartigen Körper.

---

[1]) Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft zu Berlin. 1870. III. Jahrgang. S. 63.
[2]) Lehrbuch der organischen Chemie. S. 267 u. 424.



Unter Bezugnahme auf diese von *Baeyer* aufgestellte Hypothese unternahm *A. Stutzer*[1]) eine Untersuchung, indem er die Kohlensäure, welche die grünen Pflanzen unter gewöhnlichen Verhältnissen zerlegen, durch Kohlenoxyd ersetzte. Zunächst brachte *Stutzer* Keimpflanzen von Brassica und Triticum (die Species sind nicht näher bezeichnet), die sich in Nährlösung befanden, in reines Kohlenoxydgas. Das Kohlenoxydgas wurde täglich zweimal erneuert. «Nach einer Versuchsdauer von 30 bis 40 Tagen waren keine neuen Blätter gebildet, aber die Pflanzen waren so lange frisch geblieben, da der zur Oxydation nöthige Sauerstoff mangelte und die Atmosphäre im Apparat vollständig mit Wasserdampf gesättigt war.» Es wäre doch gut gewesen, wenn Herr *Stutzer* dieses «frisch» etwas näher definirt hätte. Blieben die Pflanzen in der nur aus Kohlenoxydgas bestehenden Atmosphäre bei vollkommenem Mangel an Sauerstoff[2]) etwa 40 Tage hindurch lebendig? Sollte dies der Fall gewesen sein, so hätte es sich um eine sehr interessante Thatsache gehandelt, die eine nähere Beschreibung verdiente. Oder soll das «frisch» nur heißen, daß die Pflanzen in der dunstgesättigten Atmosphäre aus reinem Kohlenoxydgas bei vollständigem Mangel an Sauerstoff zwar abstarben aber nicht eintrockneten und verschimmelten? Dies wäre nicht weiter merkwürdig und erwähnenswerth gewesen. —

In einer zweiten Versuchsreihe erhielten die Pflanzen von Kohlensäure befreite gewöhnliche Luft, die außerdem 3—4 % Kohlenoxyd enthielt. Es gelang nicht die für die Pflanze nothwendige (sic!) Kohlensäure durch Kohlenoxyd zu ersetzen. Die Resultate blieben negativ?

In einer dritten Versuchsreihe gab Herr *Stutzer* den Versuchspflanzen gewöhnliche von Kohlensäure befreite Luft, die außerdem 3—4,5 % eines Gemisches gleicher Volumina $CO + H_2$ enthielt. Diese Versuchsreihe war ja gerechtfertigt.

Zunächst mußte man annehmen, daß man sich um die Darreichung des Wasserstoffs, welchen *Baeyer* zu dem von den Chlorophyllkörnern absorbirten Kohlenoxyd hinzutreten läßt um den Formaldehyd zu gewinnen, nicht weiter kümmern brauche. *Baeyer* hatte doch wohl die Vorstellung,

---

1) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. IX. Jahrgang. 1876. S. 1570. — Landwirthsch. Versuchsstationen. B. 21, S. 93 (speciell S. 129). «Ueber Beziehungen zwischen der chemischen Constitution gewisser organischer Verbindungen und ihrer physiologischen Bedeutung für die Pflanze.»

2) Hat sich der Verfasser von dem Fehlen des Sauerstoffs überzeugt??



daß dieser Wasserstoff aus einer gleichzeitig mit der Zerlegung der Kohlensäure stattfindenden Zerlegung von Wasser stamme. Das Wasser war den assimilirenden Zellen in den *Stutzer*'schen Versuchen ja nicht entzogen, die Zerlegung von Wasser konnte also eventuell stattfinden, es handelte sich nur um den Ersatz der Kohlensäure durch Kohlenoxyd. Da nun aber die Versuche, in welchen die Pflanzen in der von Kohlensäure befreiten gewöhnlichen Luft nur noch Kohlenoxyd (3—4 %) erhielten, zu keinem positiven Resultate führten, so konnte man wohl annehmen, die Zerlegung von Wasser in den Chlorophyllkörnern finde nur dann statt, wenn gleichzeitig in denselben Kohlensäure zu Kohlenoxyd reducirt wird. Da dieser Vorgang in den erwähnten Versuchen, bei dem Mangel an Kohlensäure in der die Versuchspflanzen umgebenden Atmosphäre nicht stattfinden konnte, so lag es nah auch den Wasserstoff, ebenso wie das Kohlenoxydgas den Chlorophyllkörpern der Versuchspflanzen von außen darzureichen. Solche Erwägungen werden wohl Herrn *Stutzer* in seiner dritten Versuchsreihe dazu veranlaßt haben, den Pflanzen ein Gemisch von CO und H_2 darzureichen. Freilich spricht sich der Autor hierüber nicht aus. —

Die dritte Reihe von Versuchen, welche *Stutzer* anstellte, führten ebenfalls zu keinem positiven Resultat. — Daraufhin nun hält sich *Stutzer* für berechtigt am Schluß seiner Mittheilung auszusprechen: «Nach diesen Versuchen scheint die Vermuthung nahe zu liegen, daß die Assimilation des Kohlenstoffs in der Pflanze, nicht in der von *Baeyer* angedeuteten Weise stattfindet, sondern daß wir vielleicht eine direkte Umwandelung der Kohlensäure zu Kohlenhydraten in der belichteten chlorophyllhaltigen Zelle annehmen müssen.»

Die vorstehend mitgetheilten Versuche *Stutzer*'s beweisen gar nichts, weder für noch gegen die *Baeyer*'sche Anschauung. Zunächst ist zu bemerken, daß nach der *Baeyer*'schen Anschauung das Kohlenoxyd durch Zerlegung von Kohlensäure innerhalb des Chlorophyllkorns entstehen soll. Es ist nun natürlich ein ganz ander Ding ob das Kohlenoxyd im Status nascens innerhalb der Chlorophyllkörner auftritt, oder ob es von außen zugegeführt wird. Würden somit grüne Pflanzen bei Zuführung von Kohlenoxyd von außen, dasselbe zu Kohlenhydraten verarbeiten, so wäre damit die Richtigkeit der *Baeyer*'schen Hypothese bewiesen; thun sie dies aber nicht, so verliert jene Hypothese zwar an Wahrscheinlichkeit, sie ist damit aber nicht widerlegt. —

Die *Stutzer*'schen Versuche beweisen aber nicht einmal, daß den Pflanzen die Fähigkeit abgehe, von außen zugeführtes Kohlenoxydgas zu verarbeiten. Sie beweisen nur, daß dies nicht geschieht, wenn das Kohlenoxydgas in der die Versuchspflanzen umgebenden Atmosphäre 3—4 % beträgt. —

Stutzer glaubt seinen Versuchspflanzen eine richtige Concentration des Gasgemisches (3—4,5 % $CO_2 + H_2$) gegeben zu haben; er beruft sich hierbei auf *Godlewski*: «denn bekanntlich können Pflanzen, wie *Godlewski* nachgewiesen hat, in einer Atmosphäre, die bis zu 5 % Kohlensäure enthält, kräftig vegetiren, einige Pflanzen auch bis zu 10 % ohne Nachtheil ertragen.» Dieser Schluß ist jedenfalls ungemein überraschend, denn bisher war man doch der Meinung, daß Kohlenoxyd und Kohlensäure keineswegs so gleichartige Dinge sein, daß man ohne Weiters Eines für das Andere setzen könnte. Wenn Pflanzen in einer Luft die bis zu 5 % Kohlensäure enthält, «kräftig vegetiren», so brauchen sie deshalb doch noch nicht 3—4 % Kohlenoxydgas ohne Schaden ertragen. *Stutzer* beruft sich auf *Godlewski*, hält aber nicht für nöthig die in Frage kommenden Arbeiten *Godlewski*'s zu citiren. Der Autor kann nur die in den «Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg[1])» erschienene Abhandlung *Godlewski*'s: «Die Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft» meinen; oder eine zweite Abhandlung *Godlewski*'s «Abhängigkeit der Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern von dem Kohlensäuregehalt der Luft», welche in der Flora 1873, S. 378 erschienen ist.

Wo hat denn nun *Godlewski* in diesen Abhandlungen nachgewiesen, daß Pflanzen in einer Atmosphäre die bis zu 5 % Kohlensäure enthält, «kräftig vegetiren»? In der ersten Arbeit *Godlewski*'s handelt es sich um die Steigerung der Sauerstoffauscheidung der Blätter bei Steigerung des Kohlensäuregehalts der Luft. Zu den Versuchen wurden Blätter oder nur Theile derselben verwendet, von vegetirenden Pflanzen ist gar keine Rede.

In der zweiten Abhandlung verweilten Keimpflanzen von Raphanus sativus während ganz kurzer Zeit in einer an Kohlensäure reichen Luft. Es handelte sich darum nachzuweisen, daß in den Chlorophyllkörpern der Cotyledonen dieser Keimpflanzen mit einer bestimmten Zunahme des Kohlen-

[1]) Herausgegeben von *J. Sachs*. Bd. I.

säuregehalts der umgebenden Luft die Stärkebildung gefördert werde. Von «lebhaft vegetirenden» Pflanzen ist auch in dieser Abhandlung keine Rede. —

Stutzer wird ja wohl die Arbeiten *Godlewski*'s gelesen haben, er hätte diese ausgezeichneten Abhandlungen aber etwas aufmerksamer lesen sollen.

Ich habe oben behauptet, daß die Untersuchungen *Stutzer*'s nicht einmal nachweisen, daß den grünen Pflanzen die Fähigkeit abgehe, von außen angebotenes Kohlenoxydgas zu verarbeiten. Es wäre ja möglich, daß eine Menge von 3—4 % Kohlenoxydgas in der Atmosphäre viel zu groß ist; daß die Pflanzen dadurch so geschädigt werden, daß sie dies Kohlenoxydgas nicht mehr verarbeiten können. Alle Nährstoffe, welche die grünen Pflanzen aufnehmen, müssen denselben in weitgehender Verdünnung dargeboten werden, 0,1—0,5 % in Lösungen. Geringe Steigerungen der Concentrationen wirken meist schon sehr schädlich. Man müßte also bei Versuchen über die etwaige Verarbeitung von Kohlenoxydgas durch grüne Pflanzen, den Gehalt der die Pflanzen umgebenden Luft an jenem Gas mannigfach variiren. Wollte man nach Analogie des gewöhnlichen Verhaltens grüner Pflanzen gegen Kohlensäure verfahren, so mußte man mit einem Gasgemisch beginnen, welches $^1/_{20}$ % Kohlenoxydgas enthielt, nicht aber mit einem solchen, welches 3—4 % CO enthält und noch weniger durfte man sich mit einseitigen Versuchen, die nur mit einem solchen Gasgemisch angestellt wurden, begnügen.

Stutzer[1]) meint auch, soweit ihm bekannt, seien niemals experimentelle Versuche über die Assimilation des Kohlenstoffs in der angedeuteten Weise ausgeführt. Man kann nun von Jemand, der über den Assimilationsproceß arbeitet, doch mindestens erwarten, daß er die Klassiker in dieser Frage: «*de Saussure* und *Boussingault*» zu Rathe ziehe. Hätte *Stutzer* dies gethan, so hätte er gefunden, daß schon von diesen Forschern Versuche über die Wirkungen von Kohlenoxydgas auf Pflanzen angestellt wurden.

Boussingault machte im Jahre 1868 in seiner bekannten Arbeit: «Etudes sur les fonctions des feuilles»[2]) gelegentlich der Beschreibung

[1]) l. c.

[2]) Annales de Chimie et Physique. IV. Série. T. XIII. S. 314; und Agronomie. T. IV. S. 299.



sehr ausgedehnter Untersuchungen über Verarbeitung von Kohlensäure durch beleuchtete grüne Blätter auch die Mittheilung, daß solche Blätter (es handelte sich um Blätter des Kirschlorbeers), wenn sie sich in reinem Kohlenoxydgas befinden, dasselbe nicht zerlegen. Ferner stellte *Boussingault* einen Versuch an, in welchem ein Blatt sich durch fünf Stunden in einem Gasgemisch von 31,3 cc. Kohlenoxydgas und 52,1 cc. Wasserstoff befand. Auch unter diesen Versuchsbedingungen fand keine Verarbeitung des Kohlenoxydgases statt.

Diese *Boussingault*'schen Untersuchungen können nun freilich nicht zur Widerlegung der später von *Baeyer* aufgestellten Hypothese dienen. In beiden Versuchen mangelte es den Blättern jedenfalls zu Anfang des Versuchs an Sauerstoff[1]), so daß möglicher Weise mit Unterbrechung der Athmung in den Blättern die etwaige Fähigkeit zur Verarbeitung von Kohlenoxydgas verloren ging. Ferner konnte ja vielleicht die bedeutende Menge des dargebotenen Kohlenoxydgases, dessen Zerlegung hindern.

De Saussure[2]) theilt einen Versuch mit, welchen er mit Pflanzen, die sich in reinem Kohlenoxydgas befanden, anstellte. Er spricht sich wörtlich so aus: «Die Pflanzen haben in diesem Kohlenoxydgas wie im Stickgas vegetirt; die, welche mit keinen grünen Theilen versehen waren, starben darin. Die Vegetation der entwickelten Erbsenpflanzen ging in der Sonne schmachtend allhier vor sich; im Schatten konnte sie sich gar nicht erhalten. Das Epilobium hirsutum, Lythrum salicaria und Polygonum persicaria kamen aber vortrefflich darin fort, so gut wie in gewöhnlicher Luft. Nachdem sie fünf Wochen hindurch in der Sonne in diesem Gase zugebracht hatten, war es nicht von ihnen zersetzt worden, sie vergrößerten sein Volumen durch eine verhältnißmäßige Menge von Sauerstoffgas, wie solches beim Stickgase der Fall gewesen war. In vollkommener Finsterniß vermehrten sie diese Atmosphäre mit Kohlensäure.»

Die Untersuchungen de *Saussure*'s sprechen, da sie mit reinem Kohlenoxydgas angestellt wurden, auch nicht gegen die Berechtigung der *Baeyer*'schen Hypothese.

---

[1]) Im Verlaufe des Versuchs konnten die Blätter vielleicht durch intramoleculare Athmung CO_2 bilden und durch Zerlegung derselben den Mangel an Sauerstoff beseitigen. Die Untersuchung des Gasgemisches nach Beendigung des zweiten Versuchs ergab eine freilich nur geringe Bildung von Sauerstoff, nämlich 0,4 cc.

[2]) *Th. v. Saussure*, Chemische Untersuchungen über die Vegetation. Deutsche Uebersetzung von *F. S. Voigt*. Leipzig. 1805. S. 191.

In den *Boussingault*'schen und de *Saussure*'schen Untersuchungen ist nun aber zum Theil das, was *Stutzer* siebzig Jahre nach *de Saussure* neu entdecken zu müssen glaubte, schon enthalten. *De Saussure* wußte auch bereits im Jahre 1804, daß manche Pflanzen bei genügender Beleuchtung in reinem Kohlenoxydgas lebendig bleiben; er begründet diese Erscheinung, wie er bei seinen Untersuchungen über die Vegetation im Stickgas auseinandersetzt, auch durchaus richtig durch folgende Mittheilung: Die Pflanzen enthielten bei Beginn des Versuchs in ihren Geweben noch geringe Menge von Kohlensäure, welche sie unter Ausscheidung von Sauerstoff bei genügender Beleuchtung zerlegten; sie erzeugten andere Mengen von Kohlensäure aus ihrer eigenen Substanz (intramoleculare Athmung!), die sie ebenfalls unter Sauerstoffbildung bei Beleuchtung verarbeiteten. Auf solche Weise gewannen die Versuchspflanzen den zur Erhaltung ihres Lebens nothwendigen Sauerstoff. Daß bei den Versuchen *Stutzer*'s mit reinem Kohlenoxydgas sich größere Mengen Sauerstoff gebildet haben sollten, ist grade nicht anzunehmen, da das Kohlenoxydgas täglich zweimal erneuert wurde. Es ist aber auch nicht selbstverständlich, daß es den Versuchspflanzen vollständig an Sauerstoff gefehlt habe, wie *Stutzer* meint. Möglich wäre es wohl, daß diese Pflanzen nicht deshalb «frisch» blieben, weil es ihnen an Sauerstoff fehlte, sondern vielmehr deshalb, weil derselbe, wie in den Versuchen *de Saussure*'s, wenn auch nur in geringer Menge, sich durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen bildete.

Wenn nun die obigen Auseinandersetzungen zeigen, daß die bisher vorliegenden Untersuchungen über den Einfluß des Kohlenoxydgases auf beleuchtete grüne Pflanzen die *Baeyer*'sche Hypothese nicht widerlegen, so waren mit Rücksicht auf die Wichtigkeit derselben neue Untersuchungen nothwendig. Ist die *Baeyer*'sche Anschauung richtig, so erklärt sie in einfachster Weise einen der merkwürdigsten und wichtigsten physiologischen Vorgänge. Es ist an sich gerade nicht sehr wahrcheinlich, daß die Kohlensäurezerlegung in der Pflanze so vor sich geht, wie *Baeyer* sich dies vorstellt. Sie kann aber in einer sehr ähnlichen Weise stattfinden, worauf ich unten zurückkomme. Mit Rücksicht auf die große theoretische Wichtigkeit der *Baeyer*'schen Anschauungen mußte die Frage, ob es möglich sei, beleuchteten grünen Pflanzen, denen man alle Kohlensäure entzieht, den für ihre Fortentwickelung nothwendigen Kohlenstoff durch Darreichung von Kohlenoxydgas zu liefern, definitiv gelöst werden.

Ich hatte schon vor mehreren Jahren mich mit der Bearbeitung dieser Frage beschäftigt, war aber aus verschiedenen Gründen einige Jahre hindurch an der Fortsetzung dieser Untersuchungen behindert, und konnte dieselben erst jetzt zum Abschluß bringen.

Eine erste Reihe von Versuchen hatte ich in folgender Weise eingerichtet: Als Vegetationsgefäß wurde ein großer Glascylinder, welcher ungefähr 40 Liter faßt, angewendet. Dieser Cylinder war durch eine Glaspatte, die luftdicht auf den Rand des Cylinders aufgeschliffen war, geschlossen. Die Glasplatte hatte einige Durchbohrungen, in denen vermittelst Gummipfropfen ein Thermometer, sowie Kaliapparate befestigt werden konnten. Diese Kaliapparate, die ihrerseits wieder mit anderen Kaliapparaten und mit Clorcalcium enthaltenden Gefäßen verbunden waren, dienten dazu die in den Apparat eintretende Luft von Kohlensäure zu befreien, wie die aus dem Apparat austretende Kohlensäure zu wägen. In den Apparat wurden 10 Maissamen in Nährlösung in passender Weise in besondere kleine Vegetationsgefäße gebracht. Dann wurde täglich mehrere mal durch den Vegetationsapparat ein Gasgemisch gesaugt, welches zu Anfang der Versuche $^1/_{20}$ % Kohlenoxydgas enthielt. Im weitern Verlauf der Versuche wurde der Gehalt an Kohlenoxydgas nach und nach bis zu 1 % gesteigert. Die Versuche dauerten sechs Wochen. Von den Maispflanzen gingen vier im Laufe der Versuche zu Grunde, während die anderen kräftig gediehen. Die abgestorbenen Maispflanzen verschimmelten. Da sechs Pflanzen vollständig gesund blieben und lebhaft fortwuchsen, so lag keine Veranlassung vor den Apparat zu öffnen. Die durch die Vegetation der Schimmelpilze entstehende Kohlensäure mußte natürlich den gesunden Pflanzen zu gut kommen, so weit sie nicht bei dem häufigen Durchsaugen von Luft durch den Apparat, aus demselben herausgeführt und in den Kaliapparaten absorbirt wurde. Es kam natürlich nur darauf an, festzustellen, ob beim Schluß der Versuche, der in den gesunden und kranken Maispflanzen und in den Schimmelpilzen enthaltene Kohlenstoff, zusammen mit demjenigen der sich in Form von Kohlensäure in den Kaliapparaten, welche die aus dem Vegetationsgefäß austretende Luft passirte, vorfand, eine größere Menge ausmachte als derjenige Kohlenstoff, welcher in den ausgelegten Samen enthalten war. Der ganze Apparat wurde bei Beginn der Versuche mittels einer Luftpumpe auf luftdichten Schluß untersucht und zeigte sich hierin zuverlässig.

Ohne auf die fernere Einrichtung und den Verlauf der Versuche weiter einzugehen, will ich nur erwähnen, daß bei mehrfacher Wiederholung derselben sich stets ein ziemlich beträchtlicher Gewinn an Kohlenstoff fand. Da mir nun eine direkte Verarbeitung von Kohlenoxydgas keineswegs sehr wahrscheinlich war, so war anzunehmen, daß das positive Resultat der Versuche durch irgendeine Fehlerquelle bedingt war. Durch besondere

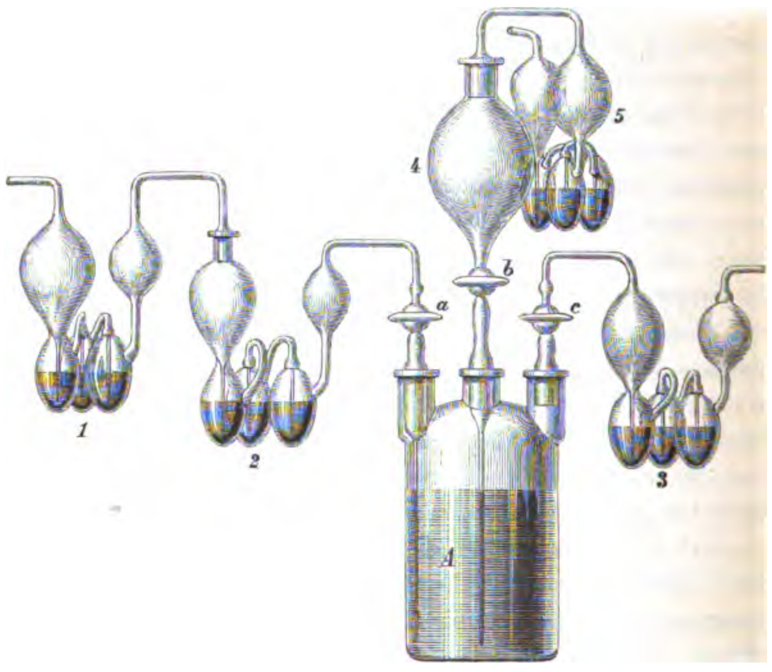


Fig. 1.

Versuche mit dem Vegetationsgefäß allein, ohne Pflanzen, konnte leicht festgestellt werden, daß im Verlauf von sechs Wochen durch die in dem Deckel des Vegetationsgefäßes angebrachten Gummipfropfen, sowie durch die zur Verbindung der einzelnen Theile des Apparats verwendeten Gummischläuche, obgleich dieselben eine Wanddicke von 0,5 cm hatten, wägbare Mengen von Kohlensäure diffundiren. Außerdem unterliegen die Gummipfropfen und Gummischläuche, wenn sie feucht sind, einer andauernden langsamen Oxydation und werden so ebenfalls zu einer Kohlensäurequelle. Es war somit wahrscheinlich, daß der bei den ersten Versuchsreihen sich ergebende Gewinn an Kohlenstoff aus jener Quelle stammte. Ich füge

diese kurze Besprechung der ersten Versuchsreihen nur deshalb hier an, um darauf aufmerksam zu machen, daß bei allen durch längere Zeit fortgesetzten Versuchen, bei denen es auf absoluten Ausschluß von Kohlensäure ankommt, alle Gummiverbindungen vermieden werden müssen.

Nach meinen Angaben stellte mir nun Herr *Geißler* in Berlin einen Apparat her, der es gestattet den Eintritt auch der geringsten Mengen von Kohlensäure in den Apparat, vollständig zu vermeiden. Dieser Apparat ist auch für andere ähnliche Zwecke, z. B. für Athmungsversuche, die durch längere Zeit hindurch fortgesetzt werden sollen, sehr gut zu verwenden.

Die Flasche A bildet das Vegetationsgefäß. Dasselbe faßt ungefähr 2 Liter. Die in den Apparat eintretende Luft passirt außer einigen mit Aetzkali gefüllten Flaschen auch die Kaliapparate 1 und 2. Die aus dem Apparat austretende Luft passirt den Kaliapparat 3. Der Kaliapparat 1 ist in den Apparat 2, die Kaliapparate 2 und 3 sind in das Vegetationsgefäß luftdicht eingeschliffen. Ein Trichter 4 ist ebenfalls luftdicht in eine mittlere Oeffnung des Vegetationsgefäßes eingeschliffen. Dieser Trichter trägt wieder einen Kaliapparat 5. Die Glashähne a, b, c gestatten die Communication zwischen dem Vegetationsgefäß und den Kaliapparaten resp. dem Trichter herzustellen oder aufzuheben. Der Apparat ist so sorgfältig gearbeitet, daß man mehrere Wochen hindurch Luft durch denselben saugen kann, ohne daß eine wägbare Menge von Kohlensäure in das Vegetationsgefäß eintritt. Das Vegetationsgefäß ist etwa zu zwei Drittheilen mit Nährlösung gefüllt. Der Trichter 4 dient dazu, die in dem Vegetationsgefäß enthaltene Nährlösung aus demselben herauszunehmen oder neue Nährlösung in dieses hineinzuführen, ohne daß es nöthig wird, den Apparat zu öffnen. Will man die Nährlösung aus dem Apparat herausnehmen, so wird der Kaliapparat 5 entfernt. Der Tubus des Trichters wird dann in passender Weise mit einem Aspirator verbunden. Werden nun die Hähne a und b geöffnet, so tritt die Nährlösung in den Trichter und aus diesem heraus. Die in Folge dessen in den Apparat nachströmende Luft passirt die Kaliapparate 2, 1 und die mit diesem verbundenen Absorptionsgefäße, sie tritt also durchaus frei von Kohlensäure in das Vegetationsgefäß ein.

Will man anderseits neue Nährlösung in den Apparat hineinbringen, so wird nach Schließung des Hahnes b der Kaliapparat 5 entfernt. Der Trichter 4 wird dann mit ausgekochter Nährlösung, die man über Aetzkali

sich abkühlen läßt, vollständig gefüllt. Dann wird der Kaliapparat 5 wieder auf den Trichter gesetzt. Oeffnet man nun die Hähne b und c, so läuft die in dem Trichter befindliche Nährlösung in den Vegetationsapparat hinein. Die in Folge dessen in den Trichter (resp. in das Vegetationsgefäß) nachströmende Luft passirt den Kaliapparat 5, tritt also frei von Kohlensäure ein. Läßt man durch den Apparat einen Luftstrom gehen, so tritt derselbe durch die Kaliapparate 1 und 2 frei von Kohlensäure in das Vegetationsgefäß.

Der Kaliapparat 3 hatte bei dem hier abgebildeten Vegetationsgefäße und bei den unten zu beschreibenden Versuchen lediglich den Zweck, zu verhindern, daß nach Aufhören des Saugens kohlensäurehaltige Luft in das Vegetationsgefäß zurücktreten konnte. Findet ein solches Zurücktreten von Luft in den Apparat statt, so wird dieselbe eben vorher in dem Kaligefäß 3, welches noch mit einigen anderen Absorptionsgefäßen verbunden war, von Kohlensäure befreit. Will man die aus dem Apparat austretende Kohlensäure durch Wägung bestimmen, so ist das durch eine passende Combination von Chlorcalciumapparaten und Kaliapparaten, welche auf der rechten Seite des Vegetationsgefäßes angebracht werden, leicht erreichbar. Selbstverständlich sind auch für diesen Fall alle Verbindungen durch Gummischläuche vermieden.

Bei den nachstehenden Versuchen kam es mir darauf an, die Zunahme oder Abnahme der Trockensubstanz der Versuchspflanzen zu beobachten. Die Versuche wurden mehrfach wiederholt und theils mit Azolla caroliniana, theils mit Lemna gibba angestellt. Die Versuchspflanzen schwammen auf der Nährlösung. Schwimmende Wasserpflanzen sind für derartige und ähnliche Versuche überhaupt sehr geeignet, da sie in Nährlösungen stets sehr gut fortkommen. Für Versuche mit Landpflanzen habe ich dem Apparat eine zweckentsprechende Aenderung gegeben, die ich bei einer anderen Gelegenheit beschreiben werde.

Nachdem der Apparat in geeigneter Weise beschickt war, die Versuchspflanzen eingesetzt waren, wurde durch denselben ein Gemisch von gewöhnlicher atmosphärischer Luft und Kohlenoxydgas geleitet. Zum Vergleich wurde durch einen gleichen Apparat nur atmosphärische Luft geführt, die aber beim Eintreten in das Vegetationsgefäß frei von Kohlensäure war. Endlich wurden Pflanzen in eine gewöhnliche *Wulff*'sche Flasche, welche Nährlösung enthielt, gesetzt. Die Luft in dieser Flasche wurde täglich mehrere

Mal erneuert. Diese Pflanzen erhielten also atmosphärische Luft mit der gewöhnlich darin enthaltenen Menge Kohlensäure.

Wie schon oben erwähnt, wurden die Versuche mit Azolla caroliniana und Lemna gibba angestellt. Alle Versuche wurden mehrfach wiederholt. Es genügt, nachstehend die Resultate anzugeben, welche sich bei einigen Versuchsreihen mit Lemna ergaben.

I. Bestimmung des Trockengewichts der Lemnapflanzen.

Aus einer Reihe von Bestimmungen ergab sich, daß das Trockengewicht der normalen Lemnapflanzen, welche in einem Aquarium gezüchtet wurden, 7% des Frischgewichts betrug.

II. Verhalten der Pflanzen in atmosphärischer Luft mit gewöhnlichem Gehalt an Kohlensäure.

1) Eine Pflanze wog, als sie in die *Wulff*'sche Flasche gesetzt wurde, frisch . . . . 0,005 g.
2) Frischgewicht der (3) Pflanzen bei der Ernte . . . 0,012 g.

Der Versuch hatte 4 Wochen gedauert, vom 10. Mai bis 10. Juni; es waren zwei Pflanzen neu entstanden, es hatte eine Vermehrung des Frischgewichts von 0,007 g stattgefunden, oder von 140%. Die Pflanzen enthielten reichlich Stärke.

3) Dem Frischgewicht der zum Versuch verwendeten Pflanze entspricht ein Trockengewicht von . . . . 0,00035 g.
4) Das Trockengewicht der geernteten Pflanzen beträgt: 0,00080 g.

Somit hatte ein Gewinn an Trockengewicht von 0,00045 g stattgefunden, oder von 128%.

III. Verhalten der Pflanzen, die gewöhnliche atmosphärische Luft erhalten, welche vollständig von Kohlensäure befreit war.

1) Zwei zum Versuch verwendete Pflanzen wogen frisch: 0,006 g.
2) Gewicht der Pflanzen bei der Ernte nach fünf Wochen: 0,009 g.

Es hatte ein Gewinn an Frischgewicht von 0,003 g stattgefunden, oder von 50%. Es wurden vier Pflanzen geerntet, also waren zwei neu entstanden. An den ursprünglich eingesetzten Pflanzen waren zwei ältere Blätter entfärbt. Diese zwei neuen Pflanzen waren bei dem Mangel an Kohlensäure natürlich auf Kosten plastischen Materials, welches beim Beginn der Versuche in den Versuchspflanzen enthalten war, gebildet. Daß das Frischgewicht, gegenüber dem anfänglichen Frischgewicht der Ver-

suchspflanzen zugenommen hat, ist nicht weiter wunderbar. Da sich einige neue Pflanzen und somit zahlreiche neue Zellen gebildet hatten, wird das in denselben enthaltene Wasser bei der Bestimmung der Frischgewichts mitgewogen. — Das Trockengewicht der Pflanzen nimmt bei dem Mangel an Kohlensäure ab, wie nachstehende Zahlen zeigen.

3) Dem Frischgewicht der zum Versuch verwendeten Pflanzen entspricht ein Trockengewicht von 0,00042 g.

4) Das Trockengewicht der geernteten Pflanzen beträgt: 0,00035 g.

Somit hatte ein Verlust an Trockengewicht von 0,00007 g stattgefunden oder von 17%. — Die Pflanzen wurden nach dem Trocknen noch mikroskopisch untersucht, sie zeigten nur sehr geringe Spuren von Stärke, die Zellen waren äußerst arm an Inhaltsstoffen.

IV. Verhalten der Pflanzen, welche Kohlenoxydgas erhielten.

Der Versuch dauerte sechs Wochen. Durch den Apparat wurde von Kohlensäure befreite atmosphärische Luft, welche 1/20% Kohlenoxydgas enthielt, geleitet. Dieses Gasgemisch wurde täglich mehrere Mal durch den Apparat getrieben. Im Lauf der Versuche wurde der Gehalt der Luft an Kohlenoxyd nach und nach bis auf 1% gesteigert.

1) Frischgewicht von 2 Pflanzen . . . . 0,007 g.

2) Frischgewicht der Ernte . . . . 0,0095 g.

Somit ergiebt sich ein Gewinn an Frischgewicht von 0,0025 g, oder von 35,7%. Es wurden vier Pflanzen geerntet, somit waren zwei neu gebildet.

3) Dem Frischgewicht der verwendeten Pflanzen entspricht ein Trockengewicht von . . . . 0,00049 g.

4) Trockengewicht der geernteten Pflanzen . . . . 0,00040 g.

Somit hat ein Verlust an Trockengewicht von 0,00009 g stattgefunden, oder von 18,4%.

Die Pflanzen enthalten nur noch äußerst geringe Mengen von Stärke, die Zellen sind sehr arm an Inhaltsstoffen. Die Pflanzen zeigten sich jedoch durch das Kohlenoxydgas nicht weiter geschädigt, sie verhielten sich durchaus so wie diejenigen Pflanzen, welche in kohlensäurefreier Luft vegetirt hatten. An einer der ursprünglich in den Apparat gesetzten Pflanzen war ein älteres Blatt entfärbt. Bei einem Controlversuch wurden die Pflanzen, nachdem sie aus dem Vegetationsapparat mit Kohlenoxydgas

kamen, direct in gewöhnliche atmosphärische Luft gebracht. Die Pflanzen vermehrten sich bald reichlich, die jungen Theile derselben assimilirten lebhaft, was ihr Gehalt an Stärke bewies. In den älteren Blättern war aber die Assimilation gestört, dieselben starben nach und nach ab. Daß dies nicht durch das Kohlenoxydgas bedingt ist, beweist der Umstand, daß Pflanzen, die sich längere Zeit in kohlensäurefreier Luft ohne Kohlenoxydgas befunden hatten, sich genau ebenso verhielten. Die Störung der Assimilation in den älteren Blättern und das endliche Absterben derselben ist also veranlaßt durch mangelhafte Ernährung, durch das Fehlen von Kohlensäure.

Somit wird das Kohlenoxydgas, welches den Pflanzen in Quantitäten von $^1/_{20}$ bis 1 % dargereicht wird, von denselben nicht verarbeitet. Die Pflanzen, welche an Stelle von Kohlensäure Kohlenoxydgas erhalten, sind in ihrer Ernährung ganz ebenso gestört, wie diejenigen, welche keine Kohlensäure erhalten, was die vorstehend mitgetheilten Zahlen zeigen.

Nachstehend theile ich nun noch die Resultate von Versuchen mit, bei denen die Pflanzen größere Mengen von Kohlenoxydgas erhielten.

1. Pflanzen, die in atmosphärischer Luft von gewöhnlichem Gehalt an Kohlensäure wachsen.

1) Drei Pflanzen wiegen frisch . . . . 0,0128 g.
2) Gewicht der Ernte . . . . 0,0266 g.

Somit hatte ein Gewinn an Frischgewicht von 0,0138 g, oder von 108 % stattgefunden. Geerntet wurden sechs Pflanzen.

3) Dem Frischgewicht der angewendeten Pflanzen entspricht ein Trockengewicht von . . . . 0,000896 g.
4) Trockengewicht der geernteten Pflanzen . . . 0,001800 g.

Somit hat ein Gewinn an Trockengewicht von 0,000904 g stattgefunden oder von 101 %.

Die Versuche währten drei Wochen.

2. Pflanzen, welche Kohlenoxydgas erhielten.

Durch den Apparat wurde zu Anfang der Versuche kohlensäurefreie atmosphärische Luft, welche 1 % Kohlenoxydgas enthielt, täglich mehrere Mal geleitet. Im Lauf der Versuche wurde der Gehalt der Luft an Kohlenoxydgas nach und nach gesteigert, so daß in den letzten drei Tagen 10 % gegeben wurden.

1) Drei Pflanzen wiegen frisch . . . . 0,0124 g.
2) Gewicht der Ernte . . . . 0,0142 g.

Somit hatte eine Zunahme an Frischgewicht von 0,0018 g stattgefunden oder von 14,5 %. Es waren vier Pflanzen neu entstanden. Die älteren Blätter waren entfärbt und ungemein arm an Inhaltsstoffen, in den jungen neu entstandenen Blättern zeigten sich geringe Mengen von Stärke. Die Pflanzen verhielten sich also, wie solche, die in kohlensäurefreier Luft vegetiren (s. oben).

3) Dem Frischgewicht der verwendeten Pflanzen entspricht ein Trockengewicht von . . . . 0,000868 g.

4) Trockengewicht der geernteten Pflanzen . . . 0,000800 g.

Somit hat ein Verlust an Trockengewicht von 0,000068 g stattgefunden, oder von 9,2 %.

Es findet also auch, wenn das Kohlenoxydgas in Quantitäten von 1 bis 10 % dargeboten wird, keine Verarbeitung desselben statt.

Die Mittheilung dieser beiden Versuchsreihen mag genügen. Bei Wiederholung der Versuche, wurden dieselben negativen Resultate gewonnen. Ebenso hatten die mit Azolla caroliniana angestellten Vegetationsversuche den gleichen negativen Erfolg. Auch solche Versuche, bei denen die Pflanzen neben Kohlenoxydgas noch Wasserstoff erhielten, zeigten, daß das Kohlenoxydgas nicht verarbeitet wird.

Es ist somit zweifellos festgestellt, daß Kohlenoxydgas, welches grünen Pflanzen von außen dargeboten wird, von denselben nicht verarbeitet wird. Ich hatte nun schon oben hervorgehoben, daß die *Baeyer*'sche Hypothese eine gewichtige Stütze erhalten hätte, wenn es gelungen wäre nachzuweisen, daß Kohlenoxydgas durch beleuchtete grüne Pflanzen assimilirt werde, daß aber die negativen Resultate nicht geeignet seien, jene Hypothese zu widerlegen, da es eben ein ander Ding ist, ob das Kohlenoxydgas in den Chlorophyllkörnern entsteht und somit im Entstehungszustand sich befindet, oder ob es von außen dargeboten wird. Freilich verliert jene Hypothese mit den negativen Versuchsergebnissen an Wahrscheinlichkeit.

Nach *Baeyer* würde den Chlorophyllkörpern eine besondere Befähigung zur Absorption von Kohlenoxydgas zukommen. Versuche die ich bezüglich dieser Frage anstellte, zeigten, daß dies keineswegs der Fall ist.

Wenn nun die Zerlegung von Kohlensäure durch grüne Pflanzentheile wohl nicht in der Weise stattfindet wie dies *Baeyer* annimmt, so kann der Proceß jedoch ein ähnlicher sein. Hierauf hat neuerlichst *Reinke*

hingewiesen[1]). Derselbe macht darauf aufmerksam, daß für die chemischen Umsetzungen in der Pflanze wohl nicht das atmosphärische Dioxyd des Kohlenstoffs in Betracht komme, s ndern vielmehr der Körper CO_3H_2 (Kohlensäure), welcher sich im Moment der Absorption des Kohlendioxyds durch das in den Zellen enthaltene Wasser bilde. *Reinke* hält nun mit Recht für möglich, daß aus $CO_3 H_2$ unter Ausscheiden von O_2, direkt ein Körper COH_2, der Formaldehyd entstehe, aus welchem dann durch Synthese Kohlenhydrate entstehen könnten, wohl zunächst Traubenzucker nach der Formel $6 (CH_2 O) = C_6 H_{12} O_6$. — Diese Anschauung *Reinke*'s hat mit derjenigen *Baeyer*'s viel Aehnlichkeit. Nach beiden Forschern würde bei der Zerlegung der Kohlensäure Formaldehyd entstehen, derselbe würde sich aber nach *Reinke* direkt bilden, während *Baeyer* erst Kohlenoxyd als Zwischenprodukt auftreten läßt. Da es unmöglich ist grüne Pflanzen mit Kohlenoxydgas zu ernähren, so gewinnt die *Reinke*'sche Anschauung an Wahrscheinlichkeit, um so mehr als es *Reinke* gelungen ist, in assimilirenden grünen Pflanzentheilen eine aldehydartige Substanz nachzuweisen. Daß diese von *Reinke* aufgefundene aldehydartige Substanz schon in den zur Untersuchung verwendeten Pflanzentheilen enthalten war und nicht erst während der Untersuchung sich bildete, daran ist nach dem, was *Reinke* mittheilt, wohl kaum zu zweifeln. Ob jene interessante Substanz, was sehr wohl möglich ist, mit der Zerlegung der Kohlensäure im Zusammenhang steht, das müssen erst weitere Untersuchungen zeigen. — Für einen solchen Zusammenhang spricht einstweilen der Umstand, daß *Reinke* diese Substanz nur in chlorophyllhaltigen Pflanzen fand; daß sie auch in «etiolirten Keimlingen von Blüthenpflanzen» fehlte.

Außer den Untersuchungen über die Möglichkeit der Verarbeitung von Kohlenoxydgas durch beleuchtete grüne Pflanzen habe ich noch eine Reihe von Versuchen über die etwaige schädliche Wirkung von Kohlenoxydgas auf Lemna angestellt.

In 8 große Flaschen, welche 2 Liter enthalten, kamen je 6 ccm Nährlösung. Außerdem erhielten die Flaschen Gasmischungen von verschiedenem Gehalt an Kohlenoxydgas. Diese Gasmischungen waren so ein-

[1]) *J. Reinke* und *H. Rodewald*, Studien über das Protoplasma. Berlin. *P. Parey.* 1881.

J. Reinke, Ueber aldehydartige Substanzen in chlorophyllhaltigen Pflanzen. — Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. Jahrg. XIV. S. 2144.



gerichtet, daß der Gehalt an Sauerstoff in allen Mischungen gleich blieb und dem Partialdruck entsprach, welchen dieses Gas in der gewöhnlichen Atmosphäre ausübt. Im Vergleich mit der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, war aber der Stickstoff derselben, ganz oder zum Theil durch Kohlenoxydgas ersetzt. Die nachstehende Tabelle (I) giebt Auskunft über die in den Flaschen enthaltenen Gasgemische. Je zwei Flaschen erhielten gleiche Gasmischungen.

Tabelle I.

Flaschen	Sauerstoff Vol.	Kohlenoxyd Vol.	Stickstoff Vol.	Im Ganzen
I u. Ia	1	4 = 80 %	0	5
II u. IIa	1	2 = 40 »	2	5
III u. IIIa	1	1 = 20 »	3	5
IV u. IVa	1	$^1/_2$ = 10 »	$3^1/_2$	5

Tabelle Ia.

Flaschen	Sauerstoff ccm	Kohlenoxyd ccm	Stickstoff ccm	Nährlösung ccm	Im Ganzen
I u. Ia	280	1120	0	600	2000
II u. IIa	280	560	560	600	2000
III u. IIIa	280	280	840	600	2000
IV u. IVa	280	140	980	600	2000

Auf absoluten Ausschluß von Kohlensäure wurde bei diesen Versuchen natürlich nicht Bedacht genommen. Die Nährlösung die vor dem Einfüllen in die Flaschen längere Zeit an der Luft gestanden hatte, enthielt jedenfalls so viel Kohlensäure, wie sie aus der Luft überhaupt absorbiren kann.

In jede Flasche kamen zwei Pflanzen. Die Flaschen wurden durch eingeschliffene Pfropfen geschlossen, außerdem noch sorgfältig versiegelt, so daß an eine freiwillige Aenderung des in den Flaschen enthaltenen Gasgemisches nicht zu denken war. Die Versuche begannen am 19. November 1881. — Am 14. December, also nach ungefähr drei Wochen, wurde ein Theil der Flaschen geöffnet. Die nachstehende Tabelle II giebt Auskunft über den Zustand der Pflanzen bei Beginn und bei Beendigung des Versuchs. Während des Versuchs wurden die Gläser nicht geöffnet, da der in denselben vorhandene Sauerstoff, bei der Kleinheit der Lemnapflanzen jedenfalls für die Zeit von drei Wochen vollauf genügte.

Aus der nachstehenden Tabelle ist zu ersehen, daß ein Gehalt von 10 % Kohlenoxydgas in der Atmosphäre die Lemnapflanzen in keiner bemerkbaren Weise schädigt. Auch bei 20 % ist die Schädigung keine

bedeutende, aber immerhin bemerkbar; mit zunehmendem Gehalt an Kohlenoxydgas, bis zu 80 %, leiden die Pflanzen immer mehr. Die Schädigung macht sich geltend durch Störung der Chlorophyllbildung, wie die mit Steigerung des Gehalts an Kohlenoxydgas Hand in Hand gehende geringere Grünfärbung zeigt. Je mehr Kohlenoxydgas die Pflanzen erhielten, um so geringer wird ihre Production an neuen Blättern und Wurzeln. Mit der Störung in der Chlorophyllbildung war also jedenfalls eine Störung in der Zerlegung von Kohlensäure verbunden. Dies beweist auch der Umstand, daß bei denjenigen Pflanzen, welche größere Mengen Kohlenoxydgas erhielten, die älteren Blätter sich entfärbten und entleerten (S. unten). Hier fanden die geringen Neubildungen vorwiegend auf Kosten der plastischen Stoffe statt, welche die Versuchspflanzen schon beim Beginn des Versuchs enthielten. Bei denjenigen Pflanzen aber, welche geringe Mengen Kohlenoxydgas erhielten, blieben die älteren Blätter unversehrt, grün und reich an Inhaltsstoffen, dieselben bildeten selbstständig aus unorganischen Stoffen reines plastisches Material für die beträchtlichen Neubildungen, welche sie vornahmen.

Tabelle II[1]**).**

Glas	Zustand am 19. Nov. Anzahl der Pflanzen	Blätter	Wurzeln	Zustand am 14. Dec. Anzahl der Pflanzen	Blätter	Wurzeln	Bemerkungen
Ia	2	2,0	2	2	3,2	2	Die drei großen Blätter ganz entfärbt, die zwei kleinen schwach grün.
Ib	3	3,0	3	3	6,2	7	Vier große Blätter ganz entfärbt, die übrigen schwach grün. Die neugebildeten Wurzeln sehr klein.
IIa	3	3,0	2	5	8,3	8	Vier große Blätter ganz entfärbt, die übrigen grün. Die neugebildeten großen und kleinen Blätter und Wurzeln deutlich kleiner als bei den Pflanzen III und IV.
IIb	3	3,0	2	6	8,5	4	Vier große Blätter ganz entfärbt. Sonst wie in IIa.
IIIa	2	2,0	2	11	15,4	13	Zwei große Blätter entfärbt. Die übrigen Blätter grün, intensiver als bei I und II.
IIIb	2	2,2	3	10	13,0	9	Ein großes Blatt entfärbt. Sonst wie in IIIa.
IVa	2	2,2	4	12	16,6	14	Alle Blätter grün, intensiver gefärbt als in I, II und III. Die Pflanzen auch kräftiger entwickelt als I, II, III; unterscheiden sich in keiner Weise von gewöhnlichen Pflanzen.
IVb	2	2,0	2	11	15,7	11	

[1]) In der Rubrik «Blätter» geben die hinter dem Komma stehenden Zahlen, die Anzahl der kleinen Blätter an, die vor dem Komma stehenden, die Anzahl der großen.

Am 14. December wurden die Flaschen Ia, IIa, IIIa, IVa geöffnet, so daß wieder gewöhnliche atmosphärische Luft zu den Versuchspflanzen treten konnte.

Die Flaschen Ib, IIb, IIIb, IVb blieben auch fernerhin geschlossen. Am 20. Januar 1882, also ungefähr 4 Wochen nach dem Oeffnen der Flaschen, zeigten die Versuchspflanzen folgendes Verhalten: Diejenigen Pflanzen IVa, welche drei Wochen hindurch 10% Kohlenoxydgas erhalten hatten, vegetirten vollkommen normal weiter unter lebhafter Neubildung von Blättern und Wurzeln. Alle Blätter zeigten am 20. Januar sehr große Mengen von Stärke.

Bei denjenigen Pflanzen IIIa, welche 20% Kohlenoxydgas erhalten hatten, war ebenfalls eine bedeutende Neubildung von Blättern und Wurzeln bemerkbar, jedoch in geringerem Grade als bei IVa. Die neugebildeten Blätter zeigten sich tief grün gefärbt und reich an Stärke, während die älteren schon bei Oeffnung der Flasche vorhandenen Blätter geringere Mengen Stärke, sowie weniger intensive Grünfärbung zeigten. Diese Pflanzen hatten also die durch Kohlenoxydgas erlittene Schädigung nicht vollständig ausgeglichen. Noch deutlicher zeigte sich eine solche bleibende Schädigung bei den Pflanzen IIa, während endlich die Pflanzen Ia eine so erhebliche Schädigung zeigten, daß bei ihnen nach dem Oeffnen der Flasche nur noch zwei sehr kleine, schwach grün gefärbte Blätter entstanden waren, welche sehr geringe Mengen von Stärke enthielten.

Die in den Flaschen Ib, IIb, IIIb, IVb, enthaltenen Pflanzen zeigten am 20. Januar, nachdem sie also 10 Wochen in der Kohlenoxydgas enthaltende Atmosphäre zugebracht hatten, folgendes Verhalten:

Die Pflanzen IVb mit 10% Kohlenoxydgas zeigten eine weitere beträchtliche Production von Blättern und Wurzeln, wenn sie auch, wohl in Folge des endlich eintretenden Mangels an Kohlensäure in den geschlossenen Flaschen, hinter denjenigen Pflanzen, die sich in den am 19. December geöffneten Flaschen befanden, etwas zurückblieben. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigten sie reichlich Stärke.

Bei den Pflanzen IIIb waren gegenüber dem Zustand am 20. December nur noch geringe Aenderungen eingetreten. Einige der damals schon vorhandenen grünen Blätter hatten sich inzwischen noch entfärbt, zwei sehr kleine schwach grüngefärbte Blätter und eine sehr kurze Wurzel waren neu entstanden. Die noch grünen Blätter zeigten erhebliche Mengen von

Stärke, jedoch sehr viel weniger als die Pflanzen IVb. Es war also die Assimilation bei ihnen erheblich gestört.

Die Pflanzen IIb zeigten ähnliche Erscheinungen. Weder bei ihnen noch bei den Pflanzen Ib hatte eine Neuproduction von Blättern oder Wurzeln stattgefunden. Die wenigen noch vorhandenen schwach grüngefärbten Blätter zeigen äußerst geringe Spuren von Stärke. Die Assimilation war also noch nicht vollkommen aufgehoben, fand aber mit nur sehr geringer Energie statt.

Aus all den vorstehend mitgetheilten Untersuchungen ergeben sich also folgende Resultate:

1) Das von außen dargebotene Kohlenoxydgas wird von grünen beleuchteten Pflanzen nicht verarbeitet.

2) Das Kohlenoxydgas wirkt auf Lemnapflanzen (und wohl auch auf andere) schädlich, jedoch erst dann, wenn es in der die Pflanzen umgebenden Atmosphäre mehr als 10 % ausmacht. Die Schädigungen zeigen sich in einer Störung der Chlorophyllbildung, Verminderung der Assimilation, geringerem Wachsthum, geringerer Neubildung von Organen. Die Schädigung wird bei einem Gehalt der Atmosphäre von 20 % Kohlenoxydgas erst nach 3 Wochen deutlich bemerkbar, tritt aber um so schneller ein, je höher der Gehalt an Kohlenoxydgas ist. Die Pflanzen können die erlittene Schädigung nach der Entfernung des Kohlenoxydgases zum Theil wieder ausgleichen, wenn die Einwirkung des Gases nicht zu lange währte und dasselbe nicht in zu großer Quantität vorhanden war.

3) Den Chlorophyllkörpern kommt keine besondere Fähigung zu, das Kohlenoxydgas zu absorbiren.

Karlsruhe, den 18. Februar 1882.



Neue Litteratur.

***J. Böhm.* Ueber die Ursache der Wasserbewegung und der geringen Lufttension in transpirirenden Pflanzen.** Botanische Zeitung 1881. Nr. 49 u. 50.

Bekanntlich hat der Verf. in einer Reihe von Abhandlungen[1]) die Behauptung vertreten, daß die Wasserbewegung entgegen der zur Zeit verbreitetsten Annahme nicht in den Wandungen der Holzelemente vor sich gehe, sondern, durch den Luftdruck bedingt, im Innern derselben — indessen, ohne die Imbibitionshypothese zu Fall bringen zu können. Auch das neueste physiologische Sammelwerk von *Pfeffer* liefert wieder die übliche Darstellung, während der Theorie *Böhm*'s nur in kurzer, abweisender Form und ohne spezielle Würdigung der von ihm beigebrachten Thatsachen gedacht ist.

Gegen diese kurzabweisende Form der Kritik wendet sich nun Verf. in einem Theil dieses Aufsatzes, indem er die für seine Theorie und gegen die Imbibitionsbewegung sprechenden Gründe zusammenstellt. Wir verweisen bezüglich derselben auf die unten citirten, früher besprochenen Arbeiten des nämlichen Autors, vor Allem auf dessen Originalabhandlung. Nur das können wir uns nicht versagen zu bemerken, dass wir dem Verfahren *Pfeffer*'s unsere Billigung nicht geben können. Man mag ja wohl über das Gewicht dieser oder jener Thatsache, ihre Auslegung etc., dann über die Art der Beweisführung verschiedener Ansicht sein: eine durch Thatsächliches gestützte Ansicht verdient aber doch wohl eine genügende Erörterung, aus der sich die näheren Gründe des abweisenden Verhaltens entnehmen lassen; mit einer bloßen Ignorirung oder einer kurz hingeworfenen abweisenden Aeußerung aber kann dem Fortschritte in der Wissenschaft nicht gedient sein. Wie viele physiologische Thatsachen aber haben wir, welche so sicher fundirt sind, daß begründete Einwendungen gegenstandslos wären? Wir meinen, daß in den einschlägigen Schriften *Böhm*'s, dann von *Th. Hartig* eine Summe von thatsächlichem Material niedergelegt ist, welches in jedem Falle bei einer Darstellung berücksichtigt werden muss, die sich die Saftbewegungsvorgänge im Pflanzenkörper zur Aufgabe setzt.

Dem dritten Abschnitt dieses Aufsatzes ist folgendes zu entnehmen:

Durch frühere Versuche war Verf. zu dem Schlusse geführt worden, daß die Saftleitung zu den transpirirenden Blättern vorzüglich in den Gefäßen erfolge. Eine Ausnahme schien bei Ailanthus, Amorpha, Paulownia, Robinia, Catulpa und Diospyros stattzufinden. Während bei jenen Pflanzen, deren Gefäße auch zur Zeit der lebhaftesten Vegetation Saft führen, diese Saftmenge nach dem Blattfall sich vergrößert, enthalten bei den letztgenannten Winters die Gefäße des letzten Jahrrings nur Luft von gewöhnlicher Tension, jene des älteren Splints Thyllen oder gummiartige Substanz. Für diese Gewächse wurde angenommen, das Saftsteigen erfolge zum Unterschied von den übrigen Stammpflanzen nur in den Zellen

[1]) Vergl. *J. Böhm.* Warum steigt der Saft in den Bäumen? Diese Zeitschrift Bd. I. pag. 442. Dann die Referate Bd. I. pag. 240. Bd. II. pag. 478.

und Tracheiden. Weiterhin aber ergab sich, daß dieser Unterschied nicht besteht, daß vielmehr auch bei letzteren Gewächsen das Saftsteigen zum großen Theil in den Gefäßen erfolgt, aber nur im jüngsten, eben in der Entwickelung begriffenen Jahrring. Werden Zweige unter Quecksilber abgeschnitten, so dringt selbes nur in die Gefäße des in der Anlage begriffenen Jahrrings ein. Injicirt man in Luft abgeschnittene Zweigstücke mit Luft, so entweicht aus den jüngsten Gefäßen der entgegengesetzten Schnittfläche zuckrige Flüssigkeit und Luft, aber nur der in der Anlage begriffene Jahrring besitzt große Filtrationsfähigkeit. Nach Entfernung dieses Holzes oder Winters, nachdem sich die Gefäße mit Luft von gewöhnlicher Tension erfüllt haben, werden selbst sehr kurze Zweigstücke erst dann für Wasser bei sehr geringem Drucke durchlässig, nachdem die noch thyllenfreien Gefäße bei viel größerem Druck mit Wasser injicirt wurden. — Die auf Grund der besonderen Eigenthümlichkeiten des jüngsten Holzes, wodurch sich auch Robinia und die anderen oben aufgeführten Pflanzen hinsichtlich dieses Jahrrings der Mehrzahl der Gewächse anschlossen, erregte Vermuthung, es erfolge bei denselben der Wassertransport nur in dem jüngsten Holze, wurde durch Ringelungsversuche bestätigt. Nach Entfernung des jüngsten Holzes erschlaffen die Blätter und Zweigspitzen nach kurzer Zeit, nimmt man aber außer dem in der Anlage begriffenen Jahrring noch eine kleine Schicht des vorjährigen Holzes weg, so tritt das Verwelken ebenso oder fast so rasch ein, wie wenn man die Zweige ganz abgeschnitten hätte. Bei analogen Versuchen mit solchen Bäumen, welche in sämmtlichen Gefäßen des Splints Saft führen, erhielten sich die Blätter bis zum Herbst selbst dann noch frisch, wenn bloß ein kleiner Theil des Holzes unversehrt blieb. Da hiernach bei Robinia u. s. w. ein so kleiner Theil des Stammumfangs genügt, um einer reichbeblätterten Krone das nöthige Wasser zuzuleiten, so muß die Aufwärtsbewegung desselben mit enormer Geschwindigkeit stattfinden können.

Ursache der geringen Lufttension in den Tracheen und Tracheiden des saftleitenden Holzes. Wie durch die Entfernung der in den Gefäßen enthaltenen Flüssigkeit (welche durch die saftleitenden Zellen aufgesaugt wird) die geringe Lufttension in den Gefäßen entsteht, ist begreiflich, nicht aber, warum sich dieselbe erhält, obwohl mit dem Bodenwasser Luft aufgenommen wird, die sich in den als Saugpumpen wirkenden saftleitenden Räumen zum großen Theil abscheiden muß. Verf. führt die Erhaltung der geringen Lufttension zurück auf die Veränderungen, welche die eindringende Luft erleidet: von den saftleitenden Tracheen und Tracheiden wird der eingetretene Sauerstoff bei der Athmung verbraucht, die entstandene Kohlensäure diffundirt rasch nach Außen oder wird mit dem aufsteigenden Wasser fortgeführt. Verf. verweist hier auf die Ergebnisse früherer Untersuchungen, welche ergeben hatten, daß die Holzluft sehr arm an Sauerstoff ist. Hätte man eine Zelle, deren recht feste Wand dauernd von Wasser durchtränkt sei, mit Stickstoff von gewöhnlicher Tension und einer Sauerstoff absorbirenden Substanz erfüllt und der Luft exponirt, so müßte dieselbe endlich luftleer werden. An einer Zelle läßt sich dies nicht erweisen, als Belege für die in der beschriebenen Weise erfolgende Gasdiffusion führt aber Verf. an: 1) die bedeutende Gewichtszunahme in Wasser gestellter frischer Weidenzweige, welche so lange andauert, bis die wassererfüllten Gefäße mit Thyllen erfüllt sind. 2) Die völlige Wassererfüllung der Tracheen und Tracheiden von ganz unter Wasser kul-

tivirten Stecklingen und von getrockneten Hölzern nach längerem Liegen unter Wasser, sowie von getrockneten Zweigen mit thyllenfreien Gefäßen, welche nur mit einem Ende in Wasser gestellt wurden. *C. K.*

G. Kraus. **Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze.** III. Die tägliche Schwellungsperiode der Pflanzen. Halle 1881 bei Max Niemeyer. 91 S.

«Es soll gezeigt werden, daß alle Pflanzentheile, nicht bloß, wie früher nachgewiesen[1]), die Stämme, sondern auch Blätter, Früchte, Knospen, wachsend oder ausgewachsen, und somit der ganze Pflanzenkörper in regelmäßig täglichem Gang größer und kleiner werden, an- und abschwellen, und daß diese Dimensionsänderungen zunächst die Folge eines täglich periodisch schwankenden Wassergehalts der Theile sind; es soll dann weiter durch Versuche und lange Messungszeichen klar gelegt werden, wie der wachsende Wassergehalt mit der Thätigkeit der Wasser zu- und abführenden Faktoren im Pflanzenkörper im Zusammenhang steht.» — Bei der Darstellung sind parenchymatische Organe und Holzstämme gesondert behandelt, weil bei ersteren die Schwellung durch Wasseraufnahme in den Zellinhalt geschieht, also eine Turgescenzerscheinung ist. Bis zu welchem Grade die Imbibition der Membranen, des Plasmas u. s. w. betheiligt ist, bleibt einstweilen dahin gestellt. Bei den holzigen Organen dagegen sind Holz und Rinde gesondert zu betrachten, beim Holz ist die Quellung eine Imbibitionserscheinung. •

Capitel I. ***Die tägliche Schwellungsperiode parenchymatischer Organe.***

a) Die Blätter. Gemessen wurde der Querdurchmesser dicker, fleischiger Blätter (Agave, Mesembryanthemum, Aloë, Echeveria). Der Blattdurchmesser fällt vom frühen Morgen bis in die Nachmittagsstunden, wo er ein Minimum erreicht; dann beginnt er wieder zu wachsen. Derselbe ist Nachts größer als bei Tag. Wurzellose Exemplare zeigen eine sehr undeutliche Periodizität. Trockengehaltene Exemplare zeigen diese Periodizität nicht mehr, dagegen bringt direkte Wasserzufuhr durch Begießen Blattschwellung hervor. Unterbrechung der Transpiration (durch Verdunkelung) wirkt ebenso. Aus diesen Thatsachen folgt, daß die Ursachen dieser periodischen Größenänderungen in einem wechselnden Wassergehalt zu suchen sind. Trockengewichtsbestimmungen führten zu demselben Schluß.

b) Andere Organe. Versuche mit Blüthenknospen (Rose), Antherenständen (Ceder), Blüthenständen (Dahlie), verschiedenen grünen Nadelholzzapfen und Früchten (Kirschlorbeer, Birne, Roßkastanie, Lycopersicum, Kürbis, Apfel). Auch bei diesen Organen tritt deutlich der tägliche Schwellungsgang hervor. Nur ausnahmsweise wird (im Wachsthum begriffene Früchte) die Schwellungsperiode durch energisches Wachsthum an manchen Tagen verdeckt. Es brauchen aber Früchte des verschiedensten Alters, trotz energischen Wachsens, der täglichen Periode nicht zu ermangeln. — Messungen an Organen analoger Art (Früchte, Knollen), von der Pflanze abgetrennt frei im Zimmer liegend den Tageseffekten oder abwechselnd dem Licht und der Dunkelheit ausgesetzt, ergeben im Allgemeinen eine Unempfindlichkeit derselben gegen den Tageswechsel, sie zeigen keine Tagesperiode. Hieraus folgt, daß die für diese Organe bei Verbindung mit der Pflanze beobachtete Periodizität durch die Wasserverhältnisse der Mutterpflanze erzielt wird.

---

[1]) Vergl. das Ref. Bd. III. pag. 65 dieser Zeitschrift. — Ibid. pag. 78.



Capitel II. ***Die Schwellungsperiode der Stämme und ihre Ursachen.***

1. Der tägliche Schwellungsgang. Vergl. hierher die unten cit. Referate.

2. Antheil von Rinde und Holz an dem Schwellungsgang des Stammes. Während die früheren Versuche (l. c.) zu dem Resultate führten, daß bei der Anschwellung des Stammes nur die Rinde betheiligt sei, ergaben ausgedehntere Versuche dies vielmehr als einen seltenern Fall: es können sich Holz und Rinde an der Anschwellung betheiligen. a. Versuche mit in Wasser gestellten Aesten. Ueber oder unter der Rindenmeßstelle wurde bei dünneren Stämmchen ein Rindenring gelöst, bei dickeren von 2 diametral gegenüberliegenden Stellen je etwa 1 □m große Rindenstücke abgelöst. Die Holzwunde wurde in den meisten Fällen zur Verhütung der Verdunstung mit Olivenöl bestrichen und außerdem in der Zwischenzeit mit Stanniolstreifen verbunden. Die Aeste tauchten 0,5 bis 1 dm in Wasser und nach einigen Stunden war die Schwellung in der Regel vollendet. Resultate: 1. In einer Anzahl Fälle nahm das Holz allein ebensoviel zu, wie Rinde und Holz zusammen d. h. die Stammschwellung wurde durch alleinige Schwellung der Rinde bedingt; so z. B. bei der Esche. 2. In einer zweiten Reihe von Versuchen war Holz und Rinde betheiligt; z. B. bei der Pinie. 3. In selteneren Fällen schwoll bloß die Rinde an. 4. In manchen Fällen schwoll der Holzkörper allein stärker an als der Stamm im Ganzen, d. h. Holz und Rinde. b. Versuche mit nicht abgetrennten Stämmen. Die Resultate sprechen dafür, daß auch unter natürlichen Verhältnissen die mannigfaltigste Betheiligung von Holz und Rinde bei dem Zustandekommen der Schwellungsperiode des Stammes stattfindet, daß selbst bei der nämlichen Pflanze je nach den Verhältnissen bald das Holz allein, bald Holz und Rinde, bald die Rinde allein die Stammschwellung besorgt. Der häufigste Fall scheint das Zusammenwirken von Holz und Rinde zu sein. c. Versuche mit abgeschnittenen verkitteten Aesten. An solchen (ein oder mehrere Meter lang, blatt- und zweiglos) bleibt im Zimmer die tägliche Periode der Schwellung nicht aus. Hierbei nimmt der Holzkörper niemals zu, höchstens ab. Die Rinde aber zeigt Nachts eine An-, Tags eine Abschwellung. An abgeschnittenen Aesten ist die Schwellungsperiode des Stamms eine Rindenschwellungsperiode.

3. Das Wasser als nächste Ursache der Schwellung. Die Versuche ergaben theils eine Gewichtszunahme schwellender Aeste überhaupt, theils direkt einen erhöhten Wassergehalt des Holzes bei der Schwellung. 1. Glatte, 1,5 bis 2 dm lange Aeste werden oben mit Paraffin verkittet, mit dem anderen Ende, nach Bestimmung des Durchmessers und Gewichts, in Wasser gestellt. Nach etwa 2 Stunden hat der Durchmesser deutlich zugenommen, der Wassergehalt ist um mehr als $^1/_2$ % gestiegen. 2. An entrindeten Holzscheiben wird der Durchmesser und Wassergehalt vor und nach dem Einlegen in Wasser bestimmt. Schwellung und Zunahme des Wassergehalts trifft demnach hier den Holzkörper. 3. Beim Begießen einer eingewurzelten Topfpflanze steigt mit der Anschwellung des Stamms der Wassergehalt von Holz und Rinde.

4. Regulirung des Wassergehalts durch äußere Agentien. 1. Einfluß der Wasserzufuhr auf den Stammdurchmesser. a) Beim Begießen einer Pflanze tritt nach kurzer Frist, gewöhnlich in weniger als einer Stunde, Stammanschwellung auf. b. An der Stammschwellung nehmen der Regel nach Holz

und Rinde Theil; erst schwillt immer das Holz, dann die Rinde. c. Die Anschwellung schreitet ziemlich rasch, immer mehrere Meter per Stunde, von Unten nach Oben fort. 2. Nach Verfluß einiger Zeit, etwa einer Stunde tritt wieder allmählige Abschwellung und der normale Periodengang des Tages ein. 2. Einfluß der Wasserabgabe durch Transpiration. Dieser Einfluß wird auf indirektem Wege erwiesen, indem die Pflanze ihrer Transpirationsorgane beraubt wird. Die Versuchsbäumchen wurden entweder aller Blätter entledigt, oder es wurde die Gesammtkrone unter den Astabgängen abgesägt. Diese Operationen bewirken in kurzer Zeit Stammanschwellung, was von Unten nach Oben fortschreitet. Also ist die Anschwellung Folge des ununterbrochenen Wasserzuflusses von Unten her bei unterbrochener Wasserabgabe durch die Blätter. Solange die Anschwellung an höher gelegenen Stellen noch nicht eingetreten ist, tritt in den tiefer liegenden eine Abschwellung meist nicht ein. Die Abschwellung bei der Decapitation geschieht nicht wie bei der Wasserzufuhr und belassener Krone von Oben nach Unten, sondern etwa gleichmäßig auf der ganzen Stammlänge. Die Tagesperiode tritt trotz Entlaubung hervor. Der nach der Schwellung wieder hervortretende Rückgang des Stammdurchmessers darf durch Uebernahme der Transpiration von Seite der verbliebenen oberirdischen Theile (Knospen, Zweige, Aeste, Stamm) erklärt werden, wobei dahingestellt bleibt, ob unter Annahme gleichbleibender oder geminderter Wasseraufnahme. Die durch Decapitation oder Entblätterung bewirkte Stammschwellung schreitet rascher fort als beim Begießen. Es wird dies so erklärt, daß energische Transpiration längere Zeit das Zustandekommen des zur Schwellung nöthigen Wasserüberschusses verhindert. Die Geschwindigkeit kann bei verschiedenen Individuen einer Art verschieden sein. Ringelung bietet der Bewegung des Wassers und seiner Schnelligkeit kein Hinderniß. — Unmittelbar nach der durch Decapitation hervorgerufenen Anschwellung tritt öfter eine kleine Depression und dann Wiederanschwellung ein. 3. Einfluß des Lichts auf die Stammschwellung. a. Normale d. h. eingewurzelte Pflanzen zeigen, aus dem Licht ins Dunkle gebracht, nach kurzer Zeit Stammanschwellung, gleichgültig ob mit Krone oder decapitirt. 2. Die Anschwellung geschieht von Unten nach Oben fortschreitend. Dies beweist, daß die schwellende Wirkung von der Wurzel ausgeht, durch den Nachschub des Wassers von daher bewirkt wird. c. Abgeschnittene, in Wasser stehende Aeste zeigen das Gleiche. d. Abgeschnittene, beiderseits verkittete Aeste dagegen, zeigen die Anschwellung der ganzen Stammlänge nach gleichzeitig. Die Anschwellung kann hier nicht anders als durch gleichzeitigen Uebertritt von Wasser aus dem Holz in die Rinde statthaben. e. Bei ganz constanter Temperatur tritt mit dem Lichtwechsel Anschwellung jedenfalls an eingewurzelten Pflanzen auf. Ob an abgeschnittenen Aesten unter gleichen Bedingungen, ist nicht sicher entschieden. — Die Fortpflanzung der Schwellung in der Längsrichtung ist auffällig gering; z. B. in einem Fall nur 3,4 m per Stunde, bei eingewurzelten Pflanzen wie bei abgeschnittenen Aesten. Noch viel langsamer geschieht die Querleitung des Wassers aus dem Holz in die Rinde; z. B. in einem Versuch mit abgeschnittenen, ins Dunkle gebrachten Ulmenästen trat erst nach 2 Stunden Rindenschwellung ein, obwohl der zu durchlaufende Weg keine 3 cm betrug. 4. Einfluß der Wärme. Hierüber wurde bereits früher bewiesen, daß bei Temperaturerhöhung abgeschnittene Aeste zu schwellen vermögen. Dabei vermehrt sich

das Rindenwasser und zwar unter Umständen, die ein Herbeileiten desselben anders woher als aus dem Holz ausschließen, woraus gefolgert wurde, daß die Wärme Wasser aus dem Holz in die Rinde zu treiben vermag. Bei der täglichen Schwellungsperiode ist aber die Wärme ohne oder von untergeordneter Bedeutung.

Durch Obiges ist die Einsicht in die Ursachen der täglichen Schwellungsperiode des Stamms und seiner Theile gegeben: Sie wird hervorgerufen durch den über Tag wechselnden Wassergehalt von Holz und Rinde als Folge des Wasserverbrauchs durch Verdunstung. Nachts tritt die Thätigkeit der wasserzuführenden Wurzel allein in Wirksamkeit, der Stamm wird wasserreicher und schwillt. Weiter aber ist durch die Untersuchungen auch die vom Verf. früher nachgewiesene Periodizität der Rindenquerspannung erklärt, worüber oben Cap. II, 2 zu vergleichen ist. *C. K.*

P. P. Dehérain et L. Maquenne. **Expériences sur la vegétation dans des atmosphères riches en acide carbonique.** Annal. agronomiques. T. VII. 3. Fasc. Octobre 1881. pag. 385—406.

Zum Unterschiede von älteren Versuchen sollte namentlich geprüft werden, wie sich die Pflanzen bei längerer Vegetation in kohlensäurereicher Atmosphäre verhalten, da sich aus dem Ergebnisse wenige Stunden dauernder Versuche auf das Verhalten bei längerer Zeitdauer nicht ohne Weiteres schließen läßt. — Die Versuchspflanzen befanden sich unter einer Glocke, welche die künstlich mit Kohlensäure bereicherte Luft enthielt. Die Einrichtung war so getroffen, daß man die enthaltenen Gase beliebig extrahiren und ein genau abgemessenes Kohlensäurevolum einführen konnte. Zum Vergleich dienten 1. Pflanzen, welche sich in einer Glocke befanden, durch welche stündlich 50 Liter normaler Luft gesaugt wurden; 2. bei einem Theil der Versuche auch Pflanzen unter Glocken, in denen der Eintritt der normalen Luft resp. der Luftwechsel nur durch eine mit Röhre versehene Oeffnung geschah.

1. Versuche mit jungen, noch die Cotylen tragenden Bohnen und jungen Rapspflanzen (colzas). Es sollte der Einfluß der vermehrten Kohlensäure auf die Gewichtsänderung der Pflanzen während des Versuchs geprüft werden. Der Versuch begann am 18. Oktober und endete am 6. November. In die (15 bis 20 Liter fassende ?) Glasglocke wurden 940 ccm Kohlensäure eingeführt und die Zusammensetzung der Atmosphäre in derselben von Zeit zu Zeit ermittelt. Die Vergleichspflanzen befanden sich unter Glocken, in denen die Luft beständig erneuert wurde. Die am 23. Oktober geprüfte Atmosphäre der Kohlensäureglocke zeigte 4,3 CO_2, 19,3 O, 76,4 N $\left(\frac{19,3}{76,4} = 0,252\right)$, wonach diese Atmosphäre O= ärmer geworden war. Verf. führen diese überwiegende Sauerstoffabsorption zurück auf den im Keimungsstadium, in welchem die Pflänzchen noch stünden, erhöhten O-Verbrauch (die Cotylen der Bohnen waren noch nicht geleert). Die Analyse vom 3. November ergab 1,7 CO_2, 21,8 O, 76,5 N$\left(\frac{21,8}{76,5} = 0,285\right)$, demnach Verminderung der Kohlensäure, Vermehrung des Sauerstoffs. «Pendant cette période de temps l'assimilation domine donc de beaucoup la respiration.» Am 6. November hatte sich die Kohlensäure auf 1,1 vermindert, aber auch O auf 21,0, N 77,9. Die Sauerstoffverminderung wird zurückgeführt auf eine Fixirung desselben durch die Versuchspflanzen. Am Schlusse des Versuchs waren die Kohlensäurepflanzen merklich gelber als die

Vergleichspflanzen. Die Gewichtsbestimmungen ergaben für die Bohnen Abnahme während des Versuchs und zwar unter beiden Glocken ziemlich gleich. «Il est claír qu'à cette période de la viede la plante l'excès d'acide carbonique ne présente aucun avantage». Die Rapspflanzen hatten unter beiden Glocken ihr Gewicht vermehrt aber in beiden Fällen ungefähr in gleichem Maße, so daß auch hier Kohlensäureüberschuß keinen Vortheil bot (Angaben über Witterung während der Versuchszeit etc. fehlen).

2. Versuche mit Ageratum coeruleum, eine Pflanze in kohlensäurereicher Atmosphäre, eine unter einer Glocke in normaler, beständig erneuerter Luft. Beginn des Versuchs am 28. Juli. In die Kohlensäureglocke wurde 706 ccm CO_2 eingeführt, von Zeit zu Zeit Gasproben untersucht. Am 1. August war die Kohlensäure verbraucht. Dies entspricht einer Aufnahme von ungefähr 0,35 g C innerhalb 4 Tagen. Nun wurden 705 ccm CO_2 in die Glocke gelassen. Diese war verschwunden am 5. August. Die so mit Kohlensäure reichlich gefütterte Pflanze zeigte keine bemerkliche Differenz von der Vergleichspflanze, nur schien sie etwas gelber. Am 5. August wurden abermals 705 ccm CO_2 eingeführt. Diese Quantität war verbraucht am 8. August. Nun wurden wieder 705 ccm zugeführt. Am 10. August enthielten 100 ccm der Atmosphäre noch 1,6 CO_2. Dazu wurden 470 ccm CO_2 eingeleitet. Am 11. August verminderte sich dieselbe innerhalb 2 Stunden von 2,2 auf 1,3 Volumproc. Dies macht, die Kapacität der Glocke zu 16 l angenommen, 144 ccm = der in 480 l Luft enthaltenen Menge. — Am 12. August Schluß des Versuchs. In der Entwickelung zeigten die Pflanzen keine bemerklichen Unterschiede, wohl aber im Stärkemehlgehalt: Die Kohlensäurepflanze enthielt 9,1, die andere 6,8% der Trockensubstanz an Stärkemehl. Die Verf. vermuthen, daß zur vollen Entfaltung der Wirkung der kohlensäurereicheren Atmosphäre eine reichere Zufuhr N-haltiger und Mineralsubstanzen anzuwenden gewesen wäre.

3. Versuche mit Tabak. Versuch 1. 12 kleine Pflanzen wurden gewogen und wieder eingepflanzt, theils in gute Gartenerde, theils in ebensolche, aus der aber durch Glühen die organischen Substanzen entfernt worden waren. 4 Pflanzen kamen unter eine Glocke, in der sich die Luft schwierig erneuern konnte (durch eine mit Röhre verschlossene Oeffnung), 4 unter eine Glocke, durch welche Luft gesaugt wurde, 4 in die Kohlensäureatmosphäre. Die Pflanzen der ersten Abtheilung gingen in einigen Tagen zu Grunde. Schluß des Versuchs am 7. Juni. Die Kohlensäurepflanzen hatten 940 ccm CO_2 verbraucht. Ihre Entwickelung war sehr ungleich, eine Pflanze kräftig, die andere kümmerlich. Das starke Exemplar hatte um 16,21 g Frischgewicht zugenommen, die stärkste Vergleichspflanze um 5,44 g. An Trockensubstanz hatte erstere 2,06, letztere 0,66 g gewonnen. Die Verf. meinen, daß nur die eine Tabakpflanze von der zugeführten Kohlensäure profitirt hätte. Da die zugeführte CO_2 940 ccm = 1,980 g CO_2 betrug, die stärkste Pflanze aber um 2 g Trockensubstanz mit 0,8 bis 0,9 g C zunahm, die Kohlensäure aber nur 0,458 g C liefern konnte, so war in der einen Pflanze mehr C gefunden worden als zugeführt wurde! War die organische Substanz der Erde hierbei betheiligt? Versuch 2. Am 21. Juni wurden unter die Kohlensäureglocke 2 Tabakpflanzen (Gewicht 0,548 u. 0,712 g) gebracht, ebenso 2 solche (Gewicht 0,742 u. 0,892) unter die Luftstromglocke. Der Versuch beginnt, nachdem sich die wiedereingesetzten Pflanzen erholt haben. Die einen Pflanzen befinden sich in geglühter,

die anderen in normaler Erde. Kohlensäure wird zugeführt, sobald die frühere Portion verbraucht ist. Schluß des Versuchs am 25. Juli. Bis dahin hatten die Pflanzen 3 l, 290 CO_2 erhalten. Die Kohlensäurepflanzen sind gelb, sehr fleischig aber verkrüppelt (rabougris). Mikroskopische Prüfung zeigt einen Ueberfluß großer Stärkekörner, außerdem sind viele gelbliche Körner, wahrscheinlich entfärbte Chlorophyllkörner vorhanden. Die Luftpflanzen haben dünneren, höheren Stengel, weniger fleischige Blätter, welche weniger Stärkemehl enthalten, dafür aber deutlich grüne Chlorophyllkörner. — Nun wurde der einen Kohlensäurepflanze 0,5 g KCl gegeben, um zu sehen, ob vielleicht dies Salz die Fortwanderung von Stärke befördert. Diese Pflanze a wurde auch weiterhin mit Kohlensäure reichlich gefüttert. Die andere Kohlensäurepflanze b dagegen kam in eine wechselnde Atmosphäre gewöhnlicher Zusammensetzung; es sollte geprüft werden, ob sie das in der mit Kohlensäure reichlich versehenen Luft erarbeitete Stärkemehl benutzen könnte. Schluß des Versuchs am 8. August. a und b waren beträchtlich gewachsen, die Blätter enthielten nur mehr Spuren von Stärke, die gelbe Färbung war einer grünen gewichen. Pflanze a, in geglühter Erde gewachsen, wog frisch 41,6 g trocken 2,958, Pflanze b, in normaler Erde, 24,9 resp. 1,872 g (beide ohne Wurzeln gewogen). Von den Pflanzen der gelüfteten Glocke wog die eine frisch 10,5 g, trocken 0,904 g, die andere 14,1 resp. 1,167 g. Demnach war die Kohlensäurezufuhr von Vortheil gewesen. — Nous avons vu que les deux expériences sur les tabacs, les plantes ont fixé dans leur tissus une quantité de carbone supérieure à celle qui avait été introduite avec l'acide carbonique gazeux. Il est évident d'abord que l'alimentation de ce gaz n'a pas été assez copieuse, et que c'est une mauvaise pratique que d'introduire l'acide carbonique seulement, quand la dose précédente est entièrement consommée; c'est une preuve en outre que les plantes ont pu se procurer du carbone à une source qu'il s'agit de découvrir.» Beim 1. Versuch (mit Tabak) hätte man eine direkte Assimilation der Humussubstanzen denken können, beim 2. Versuch aber wurzelte gerade die stärkste Pflanze im geglühten Boden. Die Verf. erklären dies durch zur Kohlensäureentwickelung führende Oxydationsvorgänge im nicht geglühten Boden. «Nos expériences établissent que ce gaz formé par l'action comburante de l'oxygène se répand dans l'atmosphère ambiante où il est saisi par les feuilles et décomposé.» Die Rolle der organischen Bestandtheile des Bodens sei es, die Luft mit Kohlensäure zu bereichern. — Die Verf. schließen aus ihren Versuchen, daß man zur Beschleunigung der Entwickelung der Pflanzen in einem Gewächshaus ohne Zweifel mit Vortheil Bereicherung der Atmosphäre an Kohlensäure herbeiführen könnte. Die Kohlensäurepflanzen sollen auch Trockenheit und Hitze besser ertragen. (Den Verff. scheint übrigens die auf Kohlensäurefütterung bezügliche deutsche Litteratur unbekannt geblieben zu sein.) *C. K.*

***A. Satkewicz.* Recherches physiologiques sur la respiration des racines.** Travaux de la Société d'Histoire nat. de l'Université de Charkoff 1877. Russisch. Durch Annal. agronom. T. VII.. 3. fasc. pag. 476.

Die Pflanzen hatten ihre Wurzeln in einer in Glascylindern befindlichen Nährlösung. Die Cylinder waren oben verstöpselt, durch die Stöpsel gingen die Pflanzen, dann Röhren zum Einlaß der entkohlensäuerten Atmosphäre und zum späteren Austritt derselben. Die ausgesaugte Luft wurde durch titrirtes Barytwasser geleitet. Schlüsse: 1. Die Ausgiebigkeit der Respiration der Wurzeln erhöht sich

über Tag und vermindert sich des Nachts unabhängig von der Temperatur. Das Maximum tritt gewöhnlich nach Mittag, das Minimum nach Mitternacht ein. 2. Wenn man eine Pflanze aus der freien Luft in einen Raum bringt, wo sie nur diffuses Licht erhält, vermindert sich die Kohlensäureausscheidung nach und nach, umgekehrt vermehrt sie sich. 3. Die tägliche Periodizität der Temperatur der Nährlösung beeinflußt die Respiration und ist Ursache, daß das Maximum der Kohlensäureausscheidung anstatt genau um Mittag etwas später eintritt. — Der Verf. glaubt, diese Periodizität als natürliche Folge der gleichfalls periodischen Production von Kohlehydraten in den grünen Theilen betrachten zu können, ohne jedoch die Möglichkeit einer periodischen Thätigkeit der Wurzeln selbst auszuschließen. *C. K.*

G. Kraus. **Ueber die Verdünnung geschüttelter Sprosse.** Sitzgsber. der Naturf. Ges. zu Halle. Sitzg. vom 18. Juni 1881.

Hofmeister hatte angegeben, daß die durch Schütteln gekrümmten Sprosse dicker werden, was noch Niemand einer Prüfung unterzogen hatte Verf. fand nun, daß bei Stengeln, Blüthen- und Blattstielen eine sehr deutliche Verdünnung im Querdurchmesser durch Schütteln eintrat, mochten die Pflanzentheile am Stocke bleiben oder frisch abgeschnitten sein. Die Verringerung des Durchmessers erreichte in den untersuchten Fällen nicht 1 %. Wenn der Eintritt von Erschütterungskrümmungen, wie *Sachs* annimmt, auf der unvollkommenen Elastizität und großen Biegsamkeit der sich krümmenden Sprosse beruht, so konnten auch diejenigen Erscheinungen erwartet werden, welche bei der Ueberdehnung anderer Körper eintreten, nämlich Verlängerung und Verdünnung. *C. K.*

A. J. Kunckel. **Elektrische Untersuchungen an pflanzlichen und thierischen Gebilden.** Pflüger's Archiv für die ges. Physiologie. Bd. XXV. Heft 7 und 8. pag. 342—379.

Die hier abgedruckte Abhandlung ist die Reproduktion einer bereits früher (Arbeiten des botan. Instituts zu Würzburg) veröffentlichten Arbeit des nämlichen Verf. Wir verweisen auf das seiner Zeit hierüber gelieferte Referat[1]). *C. K.*

G. Haberlandt. **Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen.** Mit 6 Taf. Pringsheim's Jahrbuch für wissensch. Botanik. Bd. XIII. Heft 1. pag. 74—188.

Man kann die Verhältnisse des anatomischen Aufbaus des Pflanzenkörpers in einem doppelten Lichte betrachten: entweder rein morphologisch, oder man richtet die Aufmerksamkeit vor Allem auf die physiologische Funktion der einzelnen Gewebe und trachtet zu ermitteln, in wie weit sich die morphologischen Thatsachen in Uebereinstimmung mit der Funktion befinden, d. h. in wie weit charakteristische Merkmale zur günstigsten Durchführung der physiologischen Funktion vorhanden sind, in wie weit also die anatomischen Verhältnisse der Funktion angepaßt sind. Den Schlüssel zur Aufklärung dieser oft in der merkwürdigsten Weise vorhandenen genauen Anpassungen liefert aber die Selectionstheorie. Offenbar muß eine solche Betrachtungsweise, wie sie vor Allem durch das bekannte Werk *Schwendeners* eingeleitet wurde, einerseits die Aufmerksamkeit auf Vieles lenken, was vom Standpunkte einer rein anatomischen Betrachtung mehr oder weniger verborgen bleiben oder nebensächlich oder räthselhaft erscheinen würde, andererseits giebt sie den Schlüssel zur Verknüpfung sonst isolirter anatomischer Details, endlich

[1]) Bd. I. pag. 460—462 dieser Zeitschrift.



kann sie allein den anatomischen Forschungen die für die Erforschung der physiologischen Vorgänge wünschenswerthe Verwerthung verschaffen. Ob es freilich gelingt, von dem Gesichtspunkte der Anpassung aus die Eigenthümlichkeiten des anatomischen Baus in allen Fällen zu erklären, ist eine Frage, die Ref. nicht bejahen möchte, wie es demselben auch scheinen möchte, als ob da und dort zu Gunsten der einen Auffassung eine etwas gezwungene Darstellung stattfinde.

Dieser Forschungsrichtung folgend, wirft Verf. die Frage auf, ob sich nachweisen lasse, daß die chlorophyllführenden Zellen wenigstens zum Theil derart spezifisch für die Assimilation organisirt seien, daß man in ihrem Bau, ihrer Anordnung u. s. w. gewisse gemeinsame, für die Assimilation förderliche Prinzipien auffinden und hiernach dieselben als besonderes spezifisch assimilatorisches Gewebesystem zusammenfassen könne. Der Chlorophyllgehalt allein reicht nicht aus, die Existenz eines solchen besonderen anatomischphysiologischen Gewebesystems zu behaupten, weil sich solcher bei sehr verschiedenen Gewebesystemen angehörigen Zellformen findet, die zufolge ihrer sonstigen Ausbildung für andere Funktionen angepaßt erscheinen, so daß in ihnen die Assimilationsthätigkeit nur als Nebenfunktion erscheint. Verf. kommt in der That auf Grund vergleichender anatomischer Untersuchungen zu dem Schluß, daß die chlorophyllführenden assimilirenden Gewebe der höher entwickelten Pflanzen ganz wie die mechanisch wirksamen Gewebe nach bestimmten physiologischen Prinzipien einheitlich gebaut sind und deshalb ein anatomisch physiologisches Gewebesystem bilden. Wir entnehmen der näheren Begründung des Verf., unter möglichster Vermeidung anatomischer Details, folgendes.

Die anatomische Untersuchung zeigt folgende Zellformen im Assimilationssystem: 1. Gestreckte Zellen von schlauchförmiger, cylindrischer, selten prismatischer Gestalt, mit verschiedener Orientirung zur Oberfläche des Assimilationsorgans. Am häufigsten stehen sie, z. B. in den meisten dicotylen Laubblättern, senkrecht zur Oberfläche, das sog. Pallisadengewebe bildend. 2. Tafelförmig polyedrische Zellen mit oder ohne Wandeinfaltungen. 3. Isodiametrische Zellen, zur Abrundung neigend. 4. Schwammparenchymzellen, von sternförmiger vielarmiger Gestalt. Als besonders wichtig erscheinen die gestreckten Zellen, wie sich schon daraus ergiebt, daß die Zahl der Chlorophyllkörner in ihnen viel größer ist als im Schwammparenchym. Nach Zählungen an verschiedenen Pflanzen enthielt das Pallisadengewebe im Maximum 6mal, im Mittel 3—4mal, im Minimum 2mal so viel Chlorophyllkörner als das Schwammparenchym. Unter Voraussetzung gleichgünstiger äußerer Assimilationsbedingungen kann man hiernach dem Pallisadengewebe im Durchschnitt eine 3—4mal größere Assimilationsenergie zuschreiben, die Pallisadenzellen erscheinen als die spezifisch assimilatorischen Zellen des gewöhnlich gebauten Laubblattes. Daß die spezifischen Assimilationsenergieen der Blätter auf die verschiedene Zahl der Chlorophyllkörner zurückzuführen sind, ergiebt sich auch aus dem Vergleich der Ergebnisse von Zählungen der Chlorophyllkörner mit den von *Weber*[1]) ermittelten Werthen der Assimilationsenergieen:

	Zahl der Chlorophyllkörner pro □mm Blattfläche
Tropaeolum majus	383,000
Phaseolus multiflorus	283,000
Ricinus communis	495,000
Helianthus annuus	465,000.

[1]) Vergl. das Referat Bd. II dieser Zeitschrift.

Auf Tropaeolum = 100 umgerechnet und mit *Weber*'s Zahlen verglichen, ergiebt sich:

	Spez. Assimilationsenergie	Menge der Chlorophyllkörner
Tropaeolum majus	100	100
Phaseolus multiflorus	72	64
Ricinus communis	118,5	129
Helianthus annuus	124,5	122.

«Wir dürfen also den Satz aussprechen, daß bei ähnlich gebauten Laubblättern die spezifischen Assimilationsenergieen annähernd proportional sind den Gesammtmengen der Chlorophyllkörner in den betreffenden Blattflächeneinheiten.» Der anatomische Bau steht im Uebrigen insoferne im causalen Zusammenhang mit der spez. Assimilationsenergie, als die Ausbildung des Pallisadengewebes besonders in Betracht kommt, z. B. ist dasselbe auch bei Helianthus am kräftigsten entwickelt.

Nachdem die gestreckten Zellen des Pallisadengewebes sich als die wichtigsten Assimilationszellen ergeben hatten, war es nächste Aufgabe, auch deren sonstige Eigenthümlichkeiten hinsichtlich ihrer Funktion zu prüfen, namentlich die Beziehung der gestreckten Form zur physiologischen Funktion dieser Zellen festzustellen. Verf. kommt zu dem Schluß, daß es sich hiebei um ein Bauprinzip des Assimilationssystems handelt, nämlich um Einschaltung von Zellwänden (u. Membranfalten) zum Zwecke der Oberflächenvergrößerung. Bei vielen Gewächsen kommt es vor, daß die Assimilationszellen Wandeinfaltungen besitzen, auch Pallisaden können in dieser Weise zu Stande kommen, wenn nämlich die Zellen pallisadenförmige Arme treiben (die Falten stellen hier sozusagen unvollständige Scheidewände vor). Offenbar wird durch solche in das Zelllumen vorspringende Falten die innere Zellwandfläche vergrößert, und da die Chlorophyllkörner immer wandständig sind, wird hierdurch eine Verstärkung des Chlorophyllapparats der Zelle ermöglicht. Diese Erklärung gilt aber nicht allein für die Einfaltungen, welche keine vollständige Zerfächerung des Lumens der Zellen hervorrufen, sondern auch für die Längswände der echten Parenchymzellen. Auf das Princip der Oberflächenvergrößerung führt Verf. weiter auch die häufig zu beobachtende relative Kleinheit der rundlichen oder isodiametrischen Assimilationszellen mancher Pflanzen zurück.

Wenn nun auch das erste Princip der Oberflächenvergrößerung das Auftreten von Wandeinfaltungen in assimilirenden Zellen im Allgemeinen und der radialen Falten oder Scheidewände des Pallisadengewebes im Besonderen erklärt, so kann dagegen hierdurch die Orientirung der Falten und Wände nicht bestimmt werden. Wo eine solche hervortritt, nimmt Verf. ein zweites Bauprincip an: die Ableitung der Assimilationsproducte auf möglichst kurzem Wege. «Es soll erstens gezeigt werden, daß die Orientirung der vom Princip der Oberflächenvergrößerung geforderten Zellwände und Wandungsfalten mit der Richtung der Stoffleitung in einem direkten Zusammenhange steht; durch diesen Nachweis wird die Gestalt der Pallisadenzellen und die gestreckte Form der assimilatorischen Zellen überhaupt ihre physiologische Erklärung finden. Das genannte Bauprincip soll uns weiter auch den so mannigfaltigen Bau des Gesammtmesophylls der Laubblätter erklären. Wir werden sehen, daß die so großen Verschiedenheiten im anatomischen Bau des Assimilationssystems dadurch zu Stande kommen, daß die Natur dem obigen Bauprincip bald mehr bald weniger vollständig gerecht wird.»

Das Mesophyll der Laubblätter hat in ernährungsphysiologischer Beziehung eine doppelte Function zu leisten: zu assimiliren und die Assimilationsproducte abzuleiten. Nun könnte das assimilirende Gewebe zugleich ableitend functioniren; dieser mangelnden Arbeitstheilung entspricht dann das Ausbleiben entsprechender morphologischer Differenzirung. Oder es könnte eine Arbeitstheilung derart durchgeführt sein, daß jede assimilirende Zelle die producirten Stoffe direkt einem ableitenden Gewebe zuführt. Letzteres setzt aber eine entsprechende Differenzirung des anatomischen Baus voraus. Beide Extreme sind in der Natur realisirt und durch zahlreiche Uebergänge verbunden. Der Vortheil, welcher durch Beförderung der Ableitung erwächst, besteht in der Beförderung des ungestörten Verlaufs des Assimilationsprocesses, wie Verf. näher erörtert. Von den Pallisadenzellen ausgehend setzt er auseinander, inwiefern die gestreckte Form dieser Zellen dem Princip der Ableitung am besten entspricht: Wenn das Licht parallel zur Richtung der Seitenwände (welche den Chlorophyllbeleg enthalten) von Oben einfalle, seien die oberen Chlorophyllkörner im größerén Lichtgenuß, die Assimilation müsse daher nach Unten abnehmen, es müßte weiter auch der von der Auflösung der Assimilationsproducte rührende Zucker im unteren Theile in geringerer Concentration vorhanden sein, womit die Strömungsrichtung bestimmt sei. Einschaltung neuer Wände und Falten wird aber die bestehende Strömungsrichtung dann am wenigsten beeinträchtigen, wenn sie parallel zu den mit Chlorophyllbelegen ausgestatteten Seitenwänden geschieht. Unter diesen Voraussetzungen erscheint die gestreckte Form der Pallisadenzellen und ihre Orientirung als morphologische Consequenz der schon vorhandenen Strömungsrichtung. Aus verschiedenen Gründen reichen die Vertheilungsweise der Chlorophyllkörner und die Beleuchtungsverhältnisse nicht aus, um im Assimilationsgewebe eine ganz bestimmte Richtung der Stoffleitung zu schaffen, welcher sich der anatomische Bau dann einfach zu accomodiren hätte. «Dem abfließenden Strome der Assimilationsproducte muß eine bestimmte durch das Princip der Arbeitstheilung vorgezeichnete Richtung erst durch gewisse anatomische Einrichtungen aufgenöthigt werden. Dies geschieht im Assimilationssysteme dadurch, daß die vom Princip der Oberflächenvergrößerung geforderten Falten und Wände parallel zu der vom Princip der möglichst raschen Abfuhr vorgezeichneten Richtung eingeschaltet werden. So kommt dann einerseits die gestreckte Form der assimilirenden Zellen und andererseits ihre jeweilige Orientirung zu Stande.»

Auf Grund dieser Auseinandersetzungen resp. der Detailbeobachtungen über den anatomischen Bau des Assimilationssystems faßt Verf. die mannigfachen Construktionsformen in einer Reihe von Typen zusammen, welche selbst wieder in Gruppen höheren Rangs geordnet sind:

I. System. Das Assimilationsgewebe dient zugleich als Ableitungsgewebe.
  1. Typus. Die assimilirenden Zellen sind in der Leitungsrichtung nicht gestreckt. Niedrigster Typus z. B. in den Blättern mancher Lebermoose.
  2. Typus. Die assimilirenden Zellen sind in der Leitungsrichtung deutlich gestreckt. Hierher die Blätter der meisten Laubmoose.

II. System. Es ist ein Assimilations- und ein Ableitungsgewebe vorhanden. Die Assimilationsproducte wandern aus dem ersteren direkt in das letztere.
  3. Typus. Das Assimilationsgewebe besteht aus quergestreckten, zur Blattoberfläche parallel gelagerten Zellen. Dieselben stehen senkrecht auf

dem längsverlaufenden Ableitungsgewebe (längsgestrecktes Parenchym mit wenig oder ohne Chlorophyll), welches sich an die Gefäßbündel anlehnt und dieselben häufig in Form von Parenchymscheiden umkleidet.

4. Typus. Die assimilirenden Zellen sind größtentheils gestreckt, doch zeigt ihre Orientirung keine bestimmte und constante Beziehung zur Oberfläche des Organs. Sie ordneu sich vielmehr radienförmig um die Gefäßbündel herum. Das Ableitungsgewebe tritt innerhalb einer zarten Prosemchymscheide auf, besteht aus längsgestreckten chlorophyllführenden Zellen und umgiebt auf dem Querschnitte kranz- oder halbmondförmig das Gefäßbündel. Verschiedene Cyperus-Arten.
5. Typus. Die Zellen des Assimilationsgewebes sind gestreckt und bilden ein Pallisadengewebe. Das Ableitungsgewebe breitet sich unter demselben aus und zeigt keine Beziehung zu den Gefäßbündeln. Häufig bei Monocotylen. Z. B. das Blatt von Allium coeruleum hat unter der Oberhaut einschichtiges Pallisadengewebe (also Längsrichtung der Zellen senkrecht zur Oberfläche), in der Längsrichtung des Blattes mit vielen Intercellularspalten, darunter folgen unregelmäßig geformte Trichterzellen, daran schließt sich das Ableitungsgewebe, 4—5 Zelllagen stark, die äußeren dieser Zellen noch ziemlich reich mit Chlorophyll versehen, die inneren schon nahezu farblos, die Zellen selbst in Richtung der Stoffleitung parallel zur Blattoberfläche gestreckt.
6. Typus. Die gestreckten Assimilationszellen bilden ein Pallisadengewebe. Das Ableitungsgewebe erscheint als gemeinschaftliche Parenchymscheide, entweder rings um den Gefäßbündeln oder, falls ein Bastring vorhanden, an dessen Außenseite. Zuweilen wird die Parenchymscheide durch parenchymatische Zellen von gleicher Ausbildung wie die Scheidenzellen verstärkt. Typus der stielrunden oder prismatischen Assimilationsorgane.
7. Typus. Das Assimilationsgewebe bildet Querlamellen und besteht aus tafelförmigen Zellen mit Wandeinfaltungen, welche unter der Epidermis senkrecht zur Oberfläche des Organs gestellt sind, sonst aber eine ganz unregelmäßige Orientirung zeigen. Das Ableitungsgewebe erscheint als Parenchymscheide. Typus der Pinus-Arten.
8. Typus. Das Assimilationsgewebe besteht meist aus gestreckten Zellen, welche sich zu mehr oder weniger deutlichen Curven anordnen. Diese Curven sind einestheils senkrecht zur Oberfläche des Organs orientirt, wodurch eine Pallisadenschichte zu Stande kommt, anderentheils treffen sie rechtwinkelig auf das centrale Ableitungsgewebe, welches wie beim vorigen Typus die Gefäßbündel umscheidet. Hierher die Blätter verschiedener Coniferen.

III. System. Außer dem Assimilations- und dem Ableitungsgewebe ist noch ein besonderes Zuleitungsgewebe vorhanden, in welches die Hauptmenge der produzirten Stoffe aus den assimilirenden Zellen übertritt; von hier aus erfolgt dann erst die Zuleitung in das eigentliche Ableitungsgewebe.

9. Typus. Das Assimilationsgewebe besteht gewöhnlich aus Pallisadenzellen. Das Ableitungsgewebe begleitet meist in Form von Parenchymscheiden die parallel verlaufenden Gefäßbündel. Das Zuleitungsgewebe

besteht aus quergestreckten chlorophyllführenden Zellen. Typus der meisten Gräser.

10. Typus. Das Assimilationsgewebe besteht gewöhnlich aus Pallisadenzellen. Das Ableitungsgewebe begleitet in Form von Parenchymscheiden oder als Nervenparenchym die netzförmig verzweigten und anastomosirenden Gefäßbündel. Das Zuleitungsgewebe besteht aus den mehrarmigen Zellen des Schwammparenchyms. Häufigster Typus, bei den meisten Dicotylen und ächten Farnen.

Am Schlusse dieser Eintheilung heißt es: «Ich versuchte durch eine genaue Darlegung der anatomischen Verhältnisse zu zeigen, daß den auswandernden Assimilationsproducten ganz bestimmte Bahnen vorgezeichnet sind, welche sie einhalten müssen; diese Strombahnen aber sind die Folge der Herrschaft eines bestimmten Bauprincipes, welches vor Allem auf Arbeitstheilung hinzielt, indem es das Assimilationsgewebe von der Function der Stoffleitung möglichst zu entlasten sucht.»

Da der Assimilationsproceß vor Allem vom Lichte abhängt, das Licht aber die Zellen eines Organs je nach ihrer Anordnung verschieden intensiv trifft, so frägt es sich zunächst, inwieweit diesem Bedürfniß durch Anordnung des Assimilationssystems Rechnung getragen ist. Es zeigt sich in der That, daß das Assimilationsgewebe da auftritt, wo es den günstigsten Beleuchtungsbedingungen ausgesetzt ist, nämlich an der Peripherie der Organe. Bei cylindrischen, ovoidischen oder prismatischen Assimilationsorganen hat es dabei sein Bewenden, in den flächenförmig ausgebreiteten Organen dagegen mit Licht- und Schattenseite tritt das Assimilationsgewebe an der Lichtseite auf, mag dies die morphologische Ober- oder Unterseite des Blattes sein. Diese Anordnung ist in den meisten Fällen durch Vererbung schon so sehr gefestigt, daß beim einzelnen Individuum die Intensität der Beleuchtung hierauf keinen Einfluß mehr üben kann. — Zur Richtung des einfallenden Lichts zeigt sich dagegen im Assimilationsgewebe keine constante und direkte Beziehung. Das häufige Vorkommen von Pallisadenzellen wird darauf zurückgeführt, daß durch diese Stellung rechtwinkelig zur Oberfläche des Organs die für die Assimilation so nöthige Durchleuchtung des Gewebes am wenigsten beeinträchtigt werde.

Weiter setzt ausgiebige Assimilation genügende Durchlüftungseinrichtungen der Assimilationsgewebe voraus. Hierfür ist durch die zahlreichen Intercellularräume gesorgt, welche im Allgemeinen eine solche Art der Vertheilung besitzen, daß jede einzelne Zelle mit einem Theil ihrer Wandungen an Intercellularräume grenzt. Indessen stehen dieselben auch im Dienste des Bauprincipes der möglichst raschen Ableitung der Assimilationsproducte, wenn nämlich die luftführenden Intercellularräume eine solche Anordnung erfahren, daß sie als hemmende Schranken für jede dem genannten Bauprincip widerstreitende Richtung der Stoffwanderung auftreten. Also auch in dieser Beziehung sind die Assimilationsorgane außerordentlich «praktisch» eingerichtet. Ebenso ist für die Festigkeit des Assimilationssystems durch eine Reihe von mechanisch wirksamen Eigenthümlichkeiten seines Baues Vorsorge getroffen.

Die Feststellung der in Obigem erörterterten Bauprincipien gestattet nun dem Verf. das assimilatorische Gewebesystem folgendermaßen abzugrenzen: «Hierzu

sind alle diejenigen chlorophyllführenden Gewebe zu rechnen, in deren anatomischem Bau sich wenigstens das erste der beiden angeführten Bauprincipien (bestehend in der Einschaltung von Falten und Wänden zum Zwecke der Oberflächenvergrößerung) ausspricht; der Chlorophyllgehalt allein genügt nicht, um eine Zelle als Assimilationszelle zu charakterisiren. . . Als specifisch assimilatorische Zellen sind die gestreckten Assimilationszellen, ohne Unterschied der Orientirung, anzusehen. Als spezifische Assimilationszellen im engsten Sinne dagegen müssen die Pallisadenzellen bezeichnet werden.» Als Assimilationssystem im weitesten Sinne (ohne die Bedeutung eines anatomisch physiologischen Gewebesystems) kann man sämmtliche chlorophyllführende Gewebe der Pflanze zusammenfassen.

Ref. vermag sich nicht von der Zweckmäßigkeit und einer im Wesen der Sache beruhenden Veranlassung solch schroffer Abgrenzung zu überzeugen. In jedem Falle aber hat die vom Verf. durchgeführte Darstellung einen hohen Werth für das nähere Verständniß und für nähere Einsicht in die physiologischen Vorgänge. Wir bedauern mit Rücksicht auf die ohne Abbildungen nur mit großen Umschweifen zu beleuchtenden anatomischen Verhältnisse näheres Eingehen unterlassen zu müssen. *C. K.*

G. Kraus. **Ueber den Einfluß äußerer Kräfte auf die Dimensionsänderungen des Stammdurchmessers.** Sitzungsber. der naturh. Gesellsch. zu Halle 1880.

— **Ueber die sog. Nachwirkungen bei heliotropischen und geotropischen Erscheinungen.** Ibid.

— **Ueber die rhythmischen Dimensionsänderungen der Pflanzenorgane.** Ibid.

— **Ueber den Zuckergehalt und die Acidität des Zellsaftes bei den Krümmungen der Stengel.** Ibid.

— **Ueber die bei Erschütterungskrümmungen stattfindenden Dimensionsänderungen.** Ibid.

J. Reinke u. *H. Rodewald.* **Studien über das Protoplasma.** Unters. a. d. bot. Laborat. d. Univ. Göttingen. Heft 1 u. 2.

E. Detlefsen. **Mechanische Erklärung des excentrischen Dickenwachsthums verholzter Achsen und Wurzeln.** Wissensch. Beigabe z. Michaelisprogramm der Stadtschule zu Wismar. Wismar 1881.

E. Pynaert. **De l'influence de la lumière sur la coloration des feuilles.** Congrès de Bot. et d'Horticult. de 1880, tenu à Bruxelles. Part II.

A. Tschirch. **Ueber einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort,** mit spezieller Berücksichtigung der Spaltöffnungsapparate. Linnaea. Neue Folge. Bd. IX. Heft 3 u. 4.

E. Wollny. **Ueber die Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben.** Allgem. Hopfenzeitung. 1881. Nr. 203/209.

J. Wiesner. **Elemente der Anatomie und Physiologie der Pflanzen.** Wien 1881. Alfred Hölder.

W. Pfeffer. **Pflanzenphysiologie.** Bd. I. Stoffwechsel. Bd. II. Kraftwechsel. Leipzig. 1881. Wilh. Engelmann.



III. Agrar-Meteorologie.

Einige Bemerkungen zur Frage über eine direktere Nutzbarmachung der meteorologischen Beobachtungen für die Bodenkultur.

Von Professor Dr. **J. Hann**,
Director der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetimus in Wien.

Die Frage, auf welche Weise die metorologischen Beobachtungen unmittelbarer und deshalb auch umfassender als bisher für die Land- und Forstwirthe nutzbar gemacht werden könnten, ist schon oft genug aufgeworfen und besprochen worden; zuletzt auf dem meteorologischen Congress in Rom (1879) und auf der dort angeregten internationalen Conferenz für Agrarmeteorologie zu Wien (1880).

Die Verhandlungen dieser letzteren gipfelten in dem Beschlusse: daß wenigstens in den größeren Staaten eigene Centralinstitute für land- und forstwirthschaftliche Meteorologie zu errichten wären, die aber mit den allgemeinen meteorologischen Centralanstalten in Beziehung bleiben sollten. Wenn es zu der sehr wünschenswerthen Ausführung dieses Beschlusses kommen sollte, so würde an die Leiter der meteorologischen Centralinstitute die Aufgabe herantreten, sich darüber vollkommen klar zu werden, welche meteorologische Beobachtungen ihrer Natur nach von den neuen Spezialinstituten zu übernehmen wären und ob anderseits wieder einige der neuen Aufgaben den schon bestehenden Centralinstituten zufallen würden. Diese Frage würde um so dringender, wenn aus gewissen Gründen der Vorschlag gemacht werden sollte [1]), die Aufgaben dieser Spezialinstitute einer eigenen Section der meteorologischen Centralanstalten zu übertragen. Will man nicht Gefahr laufen, die bisherige Thätigkeit der meteorologischen Centralanstalten zu lähmen und letzteren eine falsche Richtung zu geben, ohne Erhebliches für die Zwecke der Bodencultur damit zu leisten, so muß man wohl erwägen,

---

¹) Ein solcher Antrag ist z. B. von dem Forstcongreß in Wien im Juli 1881 gestellt worden und gab derselbe die nächste Veranlassung zu obigen Erörterungen.



welche Untersuchungen und Beobachtungen überhaupt von den meteorologischen Centralanstalten übernommen werden können, ohne sie von ihren wissenschaftlichen Grundlagen abzudrängen.

Die folgenden Erörterungen sollen einen Beitrag zu dieser Frage liefern, ohne im Geringsten den Anspruch zu erheben, den Gegenstand allseitig oder gar abschließend zu behandeln.

Die Leiter der meteorologischen Centralinstitute sind oft genug schon von Seite der Vertreter der landwirthschaftlichen Interessen darum angegangen worden, ihre Beobachtungen und Publikationen so einzurichten, daß sie auch die Land- und Forstwirthe unmittelbar zu ihren Zwecken verwenden könnten. Es ist ihnen aber nie angegeben worden, was sie eigentlich thun sollten, um diesen Wünschen entgegenzukommen. Die Meteorologen ihrerseits sind sich darüber klar, was sie mittelst des jetzt üblichen Beobachtungsschemas erreichen wollen, und haben schon auf Grund desselben sehr Anerkennenswerthes für die Lösung ihrer Hauptaufgabe geleistet: die Witterungsgesetze sowie die Gesetze der Vertheilung der klimatischen Faktoren auf der Erdoberfläche zu erforschen. Die Landwirthe und ihre Vertreter dagegen haben uns bisher nicht angegeben, wie die meteorologischen Beobachtungen zu modifiziren und zu erweitern wären, um die von ihnen gewünschten Ziele zu erreichen [1]), sie erwarteten, scheint es, daß die Meteorologen von ihrer Seite jene Untersuchungen und Beobachtungen anstellen werden, durch welche dies ans Licht gebracht werden könnte.

Es ist klar, daß dies eine Verkennung der Aufgaben der meteorologischen Centralinstitute wäre, und daß die Beantwortung der Frage, wie die meteorologischen Faktoren auf das organische Leben einwirken, und welche dieser Faktoren es sind, von denen das Gedeihen und die Erträge der Kulturen abhängen, gar nicht in das Fachgebiet der Meteorologie gehört. Es wäre eine völlige Mißachtung der nöthigen wissenschaftlichen Grundlagen der Forschung, wollte man die Meteorologen drängen, sich mit der Beantwortung dieser Frage zu beschäftigen. Ein naheliegender und deshalb ziemlich verlockender derartiger Versuch, mit dem die Metorologen in der That eine Initiative in dieser Richtung einmal ergriffen hatten, ist trotz großem Aufwande von Mühe und Arbeit so

[1]) Denn bloße Vorschläge, welche sich nicht auf die Resultate von Untersuchungen stützen, können wohl nicht hierher gerechnet werden.



ziemlich gescheitert. Wir meinen die phänologischen Beobachtungen (nach dem bisherigen Vorgange), deren Resultate bisher weder in der Wissenschaft noch in der Praxis besondere Verwerthung gefunden haben.

Und doch ist die wichtigste Frage, welche den Kernpunkt der gewünschten direkteren Nutzbarmachung meteorologischer Beobachtungen für die Land- und Forstwirthschaft enthält, die eben erwähnte: welchen Einfluß nehmen die meteorologischen Erscheinungen auf das organische Leben, und welches sind die meteorologischen Faktoren, von denen das Gedeihen und die Erträge in den verschiedenen Zweigen der Bodenkultur abhängen?

Diese Frage kann nicht von den Meteorologen, aber auch nicht durch bloße Berathungen berufener Fachmänner entschieden werden, sie kann nur durch Versuche beantwortet werden und ist der experimentellen Pflanzenphysiologie und Pflanzenbiologie zuzuweisen, wäre zum Theil auch wohl Aufgabe der größeren Musterwirthschaften, an denen naturwissenschaftlich gebildete Land- oder Forstwirthe sich befinden.

Wenn durch gründliche Forschungen solcher Art, welche naturgemäß einem über entsprechende Mittel verfügenden eigenen Institut oder den höheren landwirthschaftlichen Schulen zuzuweisen sind, die fraglichen meteorologischen Faktoren ermittelt sein werden, dann hat es keine Schwierigkeit, sie nach Maßgabe der Thunlichkeit auch an den bisherigen meteorologischen Beobachtungsstationen aufzeichnen zu lassen. Den meteorologischen Centralinstituten kann dann auch die Verbesserung der Beobachtungsmethoden überlassen werden. Früher aber, auf bloße Muthmaßungen und Ansichten hin neue Beobachtungen einzuführen, halten wir für verfehlt. Denn es ist offenbar nicht der richtige Weg, derartige Beobachtungen vorerst allgemein einzuführen, um dann erst hinterher zu versuchen, ob man aus ihnen auch den gewünschten Nutzen für die Bodenkultur ziehen kann.

Ein zweiter Hauptpunkt, in welchem die Leiter der meteorologischen Centralinstitute die Initiative von Seite der berufenen Fachmänner abwarten müssen, betrifft die Frage, wie die bisherigen meteorologischen Beobachtungen zu gruppiren und zu berechnen wären, um jene Resultate zu liefern, und gerade jene Momente an's Licht zu stellen, welche für die Land- und Forstwirthe von unmittelbarer Wichtigkeit sind. Die Meteorologen haben weder die Fachkenntnisse, noch verfügen sie über das zur

Untersuchung nöthige Material[1]), um die Beantwortung solcher Fragen in Angriff nehmen zu können. Soweit selbe nicht schon durch die vorhin genannten Untersuchungen zur Beantwortung gelangen, dürften selbe am erfolgreichsten auf den Musterwirthschaften selbst in Angriff genommen werden, wenn eine meteorologische Beobachtungsstation am selben Orte das nöthige meteorologische Material zur Hand giebt. Wer den Einfluß der Witterung auf die Erträge der verschiedenen Kulturen unmittelbar beobachten kann, der wird viel leichter jene Daten aus seinen Aufzeichnungen herausfinden, welche dazu in engerer Beziehungen stehen. Anregung zu solchen Studien könnte von Seite der Ackerbauministerien ausgehen, indem etwa Preise auf gelungene derartige Arbeiten ausgeschrieben würden.

Wir haben uns oft gewundert, daß man noch kaum Versuche gemacht hat, zu untersuchen, was die spezielleren meteorologischen Bedingungen, z. B. des Weinbaues, des Maisbaues etc. sind, an den Grenzen der noch genügenden Erträge sowohl, als in der Zone der gesichertsten und reichsten Production; mit anderen Worten, daß man noch nicht das Weinklima, Maisklima etc. gehörig zu definiren versucht hat. Denn daß man sich nicht auf den Verlauf der Sommer- und Herbstisothermen etwa oder auf die mittleren monatlichen Regenmengen dabei beschränken darf, leuchtet ein. Eine gewöhnlich eingerichtete meteorologische Station in einem Weingebiete würde zunächst schon gewiß recht interessante Resultate darüber liefern können, welches die meteorologischen Eigenschaften der Jahre guter, mittlerer und schlechter Erträge sind. Aber eine solche Untersuchung dürfte mit Erfolg für die Praxis nur auf einem Weingut selbst oder an einer önologischen Schule gemacht werden, und sollte nicht den berufsmäßigen Meteorologen, die von der Weinkultur nichts verstehen zugemuthet werden[2]). Würden auf diese Weise die Bedingungen der Erträge an einem Orte zum Theil erforscht sein, so könnte man auf Grund der gewonnenen Einsicht weitergehen und das Weinklima überhaupt in seinen geographischen Verhältnissen studiren.

Um die meteorologischen Grundlagen zu solchen Untersuchungen zu

[1]) Auf Erntestatistiken allein wird man wohl kaum mit einigem Erfolg derartige Untersuchungen basiren können.

[2]) Damit hängt allerdings zusammen, daß wenigstens auf den höheren landwirthschaftlichen Schulen die Meteorologie den Hauptfächern des Unterrichts eingereiht werden müßte.



liefern, könnten nun allerdings die meteorologischen Centralinstitute thätig eingreifen, indem speziell zu solchen Zwecken in jedem Lande meteorologische Stationen in den Hauptgebieten der wichtigsten Kulturarten und an deren Grenzen errichtet, und die Beobachtungen an denselben in extenso gedruckt würden. Es ist hier wohl zu beachten, daß nicht jede Station in einem Weinlande z. B. auch die meteorologischen Bedingungen des Weinbaues repräsentirt, es müßte daher bei Errichtung solcher Stationen besondere Rücksicht darauf genommen werden, und dieselben auch in den Publikationen als Repräsentanten dieses oder jenes Kulturzweiges bezeichnet werden. Wenn jedes Land nur etliche solche Stationen besitzen und die Beobachtungen in extenso veröffentlichen würde, wäre bald ein genügendes Material zur Untersuchung der höchst wichtigen Frage geliefert, welches sind die klimatischen Bedingungen der wichtigsten Kulturpflanzen?

Es mag noch hervorgehoben werden, daß die jetzt gewöhnlich publizirten Mittelwerthe allein zu einer solchen Untersuchung wohl nicht genügen dürften.

Auf die Resultate derartiger Untersuchungen könnten dann die meteorologischen Centralanstalten auch bei ihrer Reduktion um Gruppirung der meteorologischen Beobachtungsdaten Rücksicht nehmen und die den Landwirthen wichtigen Zahlenwerthe direkt liefern. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich auf solcher Basis künftig aus den meteorologischen Aufzeichnungen schon in einem früheren Stadium der Saison Urtheile über die Ernteergebnisse gewinnen lassen würden, wenn sich etwa herausstellen sollte, daß z. B. zu einem sehr guten Weinjahre schon ein gewisses Wärmeausmaß im Frühlinge erforderlich ist, das später nicht mehr hereingebracht werden kann; wie die Frühjahrsregen auf Heuernte und Getreideerträge Einfluß nehmen etc. etc. *Rawson* hat durch eine ähnliche Untersuchung über Regenvertheilung und Zuckerernten auf Barbadoes solche frühzeitige Schätzungen der Erträge ermöglicht. Die meteorologischen Stationen, welche solchen Zwecken dienen und wie oben erwähnt, den klimatischen Charakter an der Stelle gewisser Kulturen möglichst treu wiedergeben sollen, sollten unter der Leitung der meteorologischen Centralinstitute bleiben, denn nur dadurch wird die Einheitlichkeit und die spätere unmittelbare Vergleichbarkeit ihrer Beobachtungsergebnisse garantirt.[1])

[1]) Leider sind solche Stationen in unseren jetzigen Beobachtungsnetzen selten oder überhaupt kaum zu finden, denn Stationen innerhalb von Städten eignen sich



Es mag schon hier hervorgehoben werden, daß alle Beobachtungen, deren volle Nutzbarmachung lang fortgesetzte Beobachtungen von einheitlichem Charakter erfordert, den meteorologischen Centralinstituten unterzustellen sind. Deren Hauptaufgabe besteht ja eben darin, die Continuität der Beobachtungsreihen und die einheitliche Form der Publikation der Beobachtungsergebnisse zu sichern. Hingegen eignen sich alle jene Beobachtungen, welche zur Beantwortung gewisser Fragen *ad hoc* anzustellen sind, und dann bald wieder unterbrochen werden können, weniger zur Aufnahme von Seite der meteorologischen Centralinstitute, und würden am besten den angeregten besonderen Institutionen zuzuweisen sein.

Von den Aufgaben, welche schon jetzt von den sogenannten forstlich-meteorologischen Stationen zu lösen versucht werden, fällt eigentlich nur jene, welche den Einfluß des Waldes auf die Niederschlagsverhältnisse betrifft, in das Gebiet der Meteorologie, und damit den meteorologischen Centralinstituten zu. Sie bedarf eben lange fortgesetzter Beobachtungen, und darum sind jene Institute berufen, derartige Stationen in ihr Ressort zu übernehmen. Was die anderen Beobachtungen anbelangt: über den Einfluß des Waldes auf Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, auf den Charakter der Winde oder gar Temperaturbeobachtungen an Bäumen, Regenmenge innerhalb des Waldes, Eindringen des Wassers in den Boden, je nach der Natur desselben, so sind dieselben jedenfalls einer besonderen Institution zuzuweisen und nicht den meteorologischen Centralanstalten. Es sind dies Beobachtungen *ad hoc* zur Erledigung ganz spezieller Fragen mehr praktischer Natur, die nach kürzerer Zeit ihren Zweck erfüllt haben und dann wieder aufhören können, während solche anderer Natur an ihre Stelle treten. Da zudem die leitenden Ideen bei dieser Art von Beobachtungen zunächst von den Bedürfnissen einer rationellen Land- und Forstkultur inspirirt werden und zumeist ganz außerhalb des

nicht als Vertreter des Klimas gewisser Kulturzweige. Gerade aber an den Weinbauschulen und anderen Musterwirthschaften wurden meteorologische Beobachtungen bis jetzt ziemlich vernachlässigt. Hier sollten die Ackerbauministerien thätig eingreifen und nöthigenfalls durch Remunerationen die Etablirung solcher Stationen sichern. Diese Stationen wären es auch, welche, je nach ihrem Charakter, besondere Beobachtungen, z. B. Messung der direkten Sonnenstrahlung, der chemischen Strahlung etc. zu übernehmen hätten, nach Maßgabe der Fortschritte der sub (1) erwähnten Forschungen.



Fachgebietes der Meteorologen liegen, so eignen sie sich nicht dazu, in das Arbeitsprogramm der meteorologischen Centralinstitute aufgenommen zu werden.

Wir kommen nun zu einer Klasse von meteorologischen Beoabachtungen, welche ihrer Natur nach unmittelbar unter die Aufgaben der meteorologischen Centralinstitute eingereiht werden können, und doch zugleich direkter als die übrigen einer praktischen Verwerthung für die Landwirthe fähig sind. Es ist dies die Erforschung der Lokalklimate, die Vertheilung der Luftwärme und der atmosphärischen Feuchtigkeit nach den Besonderheiten der Bodenplastik, der Exposition, natürlicher Bekleidung und Nacktheit des Bodens etc. Der Land- und Forstwirth hat ein großes Interesse an einer solchen speziellen «klimatischen Landesaufnahme», welche eine Ergänzung der geologischen Bodenaufnahme bildet. Sowie es zwar den Bedürfnissen der geologischen Wissenschaft, nicht aber jenen einer umfassenden wirthschaftlichen Ausnützung des Bodens eines Landes genügt, wenn die Vertheilung der Formationen und der tektonische Bau der Gebirge in großen Zügen bekannt sind, so verhält sich dies auch mit den Anforderungen, welche die Wissenschaft und jenen, welche die Bodenkultur an die klimatische Erforschung eines Landes stellt. Die generelle Kenntniss des Klimas, soweit selbes von Länge und Breite, Seehöhe und Lage zum Meere abhängig ist, genügt dem Landwirth nicht, er muß mit den viel spezielleren meteorologischen Faktoren rechnen, wie sie auf eine bestimmte Lokalität Einfluß nehmen. Es ist aber diese spezielle klimatische Erforschung eines Landes keine Aufgabe neuer Art für die meteorologischen Centralinstitute, sondern nur eine Vertiefung, Spezialisirung der ohnehin von ihnen zu leistenden Arbeit, und kann ersprießlich, das heißt einheitlich und systematisch nur von ihnen übernommen werden.

Solche Beobachtungen, wie die weiteren hierher gehörigen, die ohne Instrumente auszuführen sind, über Zugrichtung und Verbreitung der Gewitter und Hagelwetter, über Eintritt des ersten und letzten Frostes, Dauer der Schneedecke etc. etc., erfordern ein dichtes Beobachtungsnetz, und zahlreiche Arbeitskräfte zur raschen Bearbeitung des einlaufenden reichlichen Beobachtungsmaterials. Es ist deshalb blos eine Geldfrage, bis zu welchem Grade ein meteorologisches Centralinstitut diese Aufgabe lösen kann.

Ich will mir hier erlauben eine Stelle aus meinem Vortrage «über

die Aufgaben der Meteorologie der Gegenwart» zum Theile abgekürzt, hierher zu stellen[1]).

«Während für das Studium der mittleren Zustände der Erdatmosphäre sowie der Oscillationen der einzelnen meteorologischen Faktoren um gewisse Mittelwerthe für ein Land von dem Flächeninhalte von Oesterreich-Ungarn etwa 11 Stationen erster Ordnung und nebenbei etwa 3 Hauptobservatorien ausreichend sein dürften — würden diese den praktischen Bedürfnissen der Landwirthschaft, des Sanitätswesens, der Aufgaben der Ingenieure durchaus nicht genügen. Soweit für diese Interessen meteorologische Daten nothwendig sind, oder nützlich erscheinen, müssen sie gerade streng den Lokalverhältnissen Rechnung tragen.

Man könnte von einer klimatischen Landesaufnahme wohl mit demselben Rechte sprechen, mit dem man von einer geologischen Landesaufnahme spricht. Wie diese letztere über die aus dem Boden stammenden Hülfsquellen eines Landes Aufschluß geben soll, so leisten Aehnliches die über ein Land vertheilten meteorologischen Stationen in Bezug auf die aus der Atmosphäre stammenden Kräfte. Es ist ja doch jedem Lande ein gewisses Maaß von Wärme und eine gewisse Menge atmosphärischer Niederschläge zugetheilt, die eine gewisse Summe von Energie darstellen, mit deren Hülfe ein bestimmtes Maaß von Leistungen für den Natinalwohlstand möglich ist. Jeder Versuch einer Steigerung derselben kann rationeller Weise nur auf Grund der Kenntniß der vorhandenen Kräfte unternommen werden. Je mannigfaltiger die Oberfläche eines Landes und je höher kultivirt dasselbe ist, desto größer ist das Bedürfniß nach spezieller Erforschung der lokalen klimatischen Verhältnisse.

Wollte man in kürzester Zeit, mit dem geringsten Aufwande von Arbeit und der kleinsten und darum auch nützlichsten Zahl von Beobachtungen den Zweck einer klimatischen Landesaufnahme erreichen, so müßte man etwa so vorgehen. Eine den Landesverhältnissen entsprechende Zahl von klimatischen Stationen (oder Stationen zweiter Ordnung) würden gleichzeitig an systematisch vertheilten Punkten in Thätigkeit gesetzt. Nach einer Function von, sagen wir 10 Jahren, könnten dieselben ihre Thätigkeit wieder einstellen, und wenn etwa dann (oder erst später) der fortgeschrittene Kulturzustand des Landes ein dichteres Beobachtungs-

[1]) Feierliche Sitzung der kaiserl. Akad. der Wissenschaften. 29. Mai 1878.



netz wünschenswerth machen sollte, könnte nun an anderen Punkten mit denselben Instrumenten ein neuer Turnus von Beobachtungen installirt werden.

Mittelst der Differenzen der Resultate aus den Beobachtungen dieser Stationen gegeneinander, sowie gegen die auf den gleichen Zeitabschnitt sich beziehenden Resultate der Beobachtungen der früher erwähnten Hauptstationen, würde man aus kurzen Perioden schon ein zutreffendes Bild der Vertheilung der Wärme, der Niederschläge[1]) etc. über das ganze Land erhalten, welche kartographisch niedergelegt für die Zwecke des Acker- und Gartenbaues, der Forstwirthschaft, Flußregulirungen und Meliorationswesen überhaupt sich ebenso nützlich und unentbehrlich erweisen würden, wie die geologischen Karten für ähnliche Zweige der praktischen Thätigkeit.»

Ein Zweig der meteorologischen Aufgaben, welcher den Centralinstituten ganz zufällt, aber der Landwirthschaft unmittelbar nützen kann, ist die Witterungstelegraphie, insofern und soweit sie Witterungsprognosen abgeben kann. Ich sage, daß diese Aufgaben ganz den meteorologischen Centralinstituten zufallen, weil die landwirthschaftlichen Kreise und Fachmänner auf die Förderung derselben keinen anderen Einfluß nehmen können, als etwa durch materielle Unterstützung. Wieviel durch Witterungsprognosen für landwirthschaftliche Zwecke geleistet werden kann, hängt ganz allein von den Fortschritten der reinen Meteorologie ab.

Ich will hier nur bemerken, daß man durch Aufmunterung und Unterstützung von Untersuchungen über die meteorologischen Verhältnisse, von denen die Bildung und Vertheilung der Niederschläge abhängen, den Fortschritt in den landwirthschaftlichen Witterungsprognosen befördern könnte. So viele und schöne Untersuchungen über Stürme, das heißt über die Bildung und das Fortschreiten der großen Depressionen wir besitzen, so sehr fehlen Untersuchungen über die seichten, häufiger über den Continenten selbst sich bildenden Depressionen, welche ausgedehnte

[1]) Ich habe in meiner Abhandlung über die Regenverhältnisse von Oesterreich-Ungarn eingehender gezeigt, daß, während die jährliche Periode der Niederschläge über großen Gebieten dieselbe ist, die Jahresmengen nach den Lokalitäten ungemein variiren, die Verhältnißzahlen derselben aber selbst nur in fünfjährigen Mitteln, gegen eine benachbarte Normalstation schon genähert als eine Constante betrachtet werden können.



starke Niederschläge begleiten. Da die Witterungsprognosen von den Bedürfnissen nach Sturmwarnungen ihren Ausgangspunkt genommen haben, und hier die großen Depressionen und überhaupt erhebliche Luftdruckdifferenzen in horizontaler Richtung die Hauptrolle spielen, so ist man noch immer geneigt zu übersehen, daß, wenn es sich um Regenprognosen handelt, und diese wünscht ja die Landwirthschaft in erster Linie, man einer neuen und viel schwierigeren Aufgabe gegenübersteht. Die Bildung der Niederschläge hängt von der aufsteigenden Bewegung der Luft ab, und diese ist in erster Linie nicht von Druckdifferenzen in horizontaler Richtung abhängig, sondern von der Vertheilung des spezifischen Gewichtes der Luftmassen in vertikaler Richtung im Verhältniß zur Umgebung.[1]) Es kann sein, daß eine ziemlich lebhafte und umfangreiche langsam aufsteigende Bewegung der Luft und damit ausgiebige Niederschläge schon eintreten, bevor eine merkliche Depression an der Erdoberfläche zur Beobachtung kommt, die sich dann freilich im späteren Verlaufe einstellen wird, aber auch dann zuweilen von einem so geringen Betrage zu sein scheint, daß sie auf den jetzigen Isobarenkarten nicht hervortritt[1]). Während ein Sturm (lokale Gewitterstürme ausgenommen) erst nach Entwickelgung einer größeren Depression auftritt, können die heftigsten Niederschläge ohne eine solche eintreten.

[1]) Ich habe bereits in dieser Zeitschrift darüber ausführlicher mich verbreitet: Bd. IX. pag. 296. Bd. XV. pag. 321 und Bd. XVI. pag. 313.



Vergleichende Beobachtungen mit dem Evaporimeter von Piche unter viererlei Exposition.

Von Professor **Th. Langer** in Mödling bei Wien.

Das Evaporimeter «Piche» besticht durch die Einfachheit seiner Einrichtung und durch die Leichtigkeit in der Handhabung, dabei ist es relativ sehr billig und sind seine Angaben brauchbar, so ist es wie kaum ein anderes Evaporimeter zur allgemeinen Einführung an meteorologischen Stationen geeignet. Es besteht aus einer dünnwandigen, an einem Ende geschlossenen Glasröhre von 25—30 cm Länge und 1 cm Durchmesser, deren Fassungsraum in $^1/_{10}$ ccm getheilt ist. Nahe an diesem Ende liegt der Nullpunkt der Theilung. Das Röhrchen wird bis nahe zum freien Rande mit destillirtem Wasser gefüllt, auf diesen ein poröses, ungeleimtes Papierscheibchen, das vorher mit einer feinen Stecknadel in der Mitte durchstochen wurde, aufgelegt und nun das Evaporimeter umgekehrt und an der am geschlossenen Rohrende befindlichen Oese im Freien zur Beobachtung aufgehängt. Die Wassersäule muß bei der Füllung so regulirt werden, daß sie genau bis zum Nullpunkt der Theilung reicht. Das Papierscheibchen saugt sich sofort mit Wasser voll, und in dem Maaße, als dieses von der freigebliebenen Papierfläche verdunstet, wird Wasser aus dem Rohre nachgesaugt. Dadurch entsteht im Rohre selbst über dem sinkenden Wasserniveau ein luftverdünnter Raum und atmosphärische Luft steigt von Zeit zu Zeit in zarten Bläschen im Wasser auf, um die stetige geringe Druckdifferenz auszugleichen. Um ein Fortwehen der Papierscheibe bei starkem Winde und die Entleerung des Instrumentes zu verhüten, wird die Scheibe durch einen ringförmigen, federnden Draht sanft an den Rand der Glasröhre angedrückt. Die Ablesung der Verdunstungsmenge erfolgt bis auf $^1/_{10}$ ccm genau; es können an der Theilung noch $^1/_{100}$ ccm durch Schätzung erhoben werden.

Die tagsüber abdunstende Wassermenge ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, in erster Linie von der Temperatur und relativen Feuchtigkeit der das Evaporimeter umgebenden Luft, dann aber auch von

der Windgeschwindigkeit und vom Luftdrucke. Weil die von kapillar mit Wasser gesättigten Körperoberflächen abdunstenden Wassermengen erwiesenermaßen größer sind, als die von freien Wasserflächen unter sonst gleichen äußeren Bedingungen abgehenden, so dürfen die mit dem «Piche» erhaltenen Verdunstungswerthe nicht ohneweiters mit den von freien Wasserflächen abdunstenden Wassermengen gleich erachtet werden.

Zur selben Zeit, als an der hiesigen meteorologischen Station vergleichende Beobachtungen an vier verschieden exponirten Thermometern auf Anregung des Herrn Hofrathes *Ritter Lorenz von Liburnau* angestellt wurden (siehe diese Zeitschrift, Jahrgang 1881), erging von derselben Seite die mich ehrende Aufforderung, mit dem Evaporimeter «Piche» Versuche anzustellen, und der maßgebende Gedanke, welcher dieser Aufforderung zu Grunde lag, war folgender: Für die gesammte Bodenkultur, nicht minder für die Hydrotechnik ist es von großer Wichtigkeit, sichere Anhaltspunkte über die Größe der jahrüber von freien Wasserflächen abdunstenden Wassermengen zu gewinnen. Dazu empfehlen sich größere Wasserbassins und tägliche Pegelablesungen, zweifellos genauer und daher vorzuziehen würde aber der Vorgang sein, zwischen den Angaben eines verläßlichen Evaporimeters und den möglichst exact erhobenen Verdunstungsmengen aus der freien Wasserfläche eine Relation ausfindig zu machen, die es gestattet, einen Reductionsfaktor abzuleiten, mit welchem man die Angaben des Evaporimeters zu multipliziren hätte, um daraus die wahren Verdunstungswerthe freier Wasserflächen kennen zu lernen.

Zur Durchführung und Lösung dieser Aufgabe wurde das so bequem zu handhabende Evaporimeter «Piche» gewählt, und zur möglichst exacten Erhebung der aus einer freien Wasserfläche (großes Bassin im Garten) abdunstenden Wassermengen construirte ich einen Schwimmapparat, welcher die volumetrische Messung dieser Wassermengen gestattete, wobei die Verdunstung innerhalb des Apparates in einer Weise erfolgen konnte, die den natürlichen Verhältnissen, soweit dies überhaupt erreichbar ist, angepaßt wurde.

Bezüglich der Art der Exposition des «Piche», ob beschirmt oder nicht beschirmt, ob in der Hütte oder ganz frei, mußte ein Entschluß gefaßt werden, man entschied sich für die freie, unbeschirmte Aufstellung ganz nahe am Bassin in einer Höhe von 0,96 m über dem Erdboden. Um jedoch ein Urtheil über die Größe der bei verschiedener Art der Ex-

position sich ergebenden Unterschiede in den monatlichen Verdunstungssummen zu gewinnen, wurden noch drei Evaporimeter «Piche» aufgehängt, und zwar eines in einer Entfernung von 50 Schritten vom Bassin, gleichfalls unbeschirmt (No. 1), daneben ein zweites (No. 2), nach der von *v. Lorenz* angegebenen Art beschirmt (vergl. vorhin citirte Abhandlung), und ein drittes Instrument (No. 3) in der unmittelbarsten Nähe der beiden anderen, aber innerhalb der hölzernen Hütte der hiesigen Station. Es mußte sich bei diesen vergleichenden Beobachtungen der Effekt der Beschirmung, der Effekt der das Instrument umschließenden Hütte und der Einfluß des nahen Bassins ergeben.

Ich bin heute noch nicht in der Lage, über die bisher erzielten Resultate in der vorhin skizzirten Hauptfrage Mittheilung machen zu können, wohl aber ist die in zweiter Linie stehende Untersuchung bezüglich des Einflusses der Exposition auf die Angaben des Evaporimeters «Piche» zum Abschluß gekommen.

Riegler fand bei der Prüfung des Evaporimeters «Piche» (siehe Zeitschr. d. öst. Gesellsch. f. Met. Jahrgang 1879), daß die Aichung der von *Baudin* und *Tonnelot* in Paris stammenden Instrumente eine sehr sorgfältige ist, ich kann dies nur bestätigen. Ich verglich die Angaben der vier zu exponirenden Evaporimeter vorerst unter ganz gleichen äußeren Umständen im Zimmer, und fand dabei zwei, die Genauigkeit der Ablesung störende Einflüsse. Es tritt häufig ein Beschlagen der vom Wasser verlassenen inneren Partieen des Rohres mit Wasserdunst ein, was eine Unsicherheit in der Beurtheilung des Niveaustandes nach sich zieht, andererseits verhält sich die Wassersäule den äußeren Temperaturen gegenüber wie eine thermometrische Substanz, dadurch erhält man bei höherer Temperatur, als die ist, bei welcher die Aichung vorgenommen wurde, zu geringe Verdunstungswerthe und umgekehrt. *Riegler* hebt mit Recht den großen Uebelstand hervor, daß das Evaporimeter «Piche» im Winterhalbjahr ganz außer Function gesetzt werden muß, da es der Frost zertrümmert. Bei Regenwetter kann an dem nicht unter Dach befindlichen Instrumente auch nicht beobachtet werden.

Nach dieser Vorprüfung wurden die vier Evaporimeter an ihre Plätze gebracht, die Füllung derselben geschah täglich um 2 U. Nachmittags mit destillirtem Wasser von der jeweilig herrschenden Lufttemperatur. Die Ablesungen geschahen innerhalb 24 Stunden viermal und zwar um

Tabelle I.

1880 Monat	Zahl der Beobachtungstage	Temp. unter Schirm	Temp. in der Hütte	Temp. des Wassers im Evaporimeter 4	Temp. des Wassers im Bassin	Bewölkung	Relative Feuchtigkeit	Luftdruck	Windstärke	Aus dem Evaporimeter abgedunstete Wassermengen															
										1				2				3				4			
										7—2	2—9	9—7	im Ganzen	7—2	2—9	9—7	im Ganzen	7—2	2—9	9—7	im Ganzen	7—2	2—9	9—7	im Ganzen
		°C	°C	°C	°C		%	mm		ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Mai	19	16,4	15,5	—	—	4,9	63,6	739,8	2	49,3	44,6	24,9	118,8	48,6	43,3	26,2	118,1	28,3	27,4	18,5	74,2	50,7	45,2	27,5	123,4
Juni	15	19,6	18,2	20,7	17,6	4,7	67,9	738,9	1	33,5	36,5	14,3	84,3	30,4	37,5	14,3	82,2	17,4	22,4	11,1	50,9	35,1	33,5	13,8	82,4
Juli	22	24,5	23,5	25,5	21,0	2,3	63,8	740,9	2	74,2	75,2	39,3	188,7	70,0	77,5	38,8	186,3	40,2	45,2	31,2	116,6	75,4	69,1	37,6	182,1
August	15	20,0	19,2	21,0	19,2	3,2	73,8	740,6	0,5	32,2	31,2	10,2	73,6	30,5	31,2	10,4	72,1	18,1	20,5	8,2	46,8	32,3	27,3	10,0	69,6
										189,2	187,5	88,7	465,4	179,5	189,5	89,7	458,7	104,0	115,5	69,0	288,5	193,5	175,1	88,9	457,5

Tabelle II.

1880 Monat	Tag	Temp. unter Schirm	Temp. in der Hütte	Temp. des Wassers im Evaporimeter 4	Temp. des Wassers im Bassin	Bewölkung	Relative Feuchtigkeit	Luftdruck	Windstärke	Aus dem Evaporimeter abgedunstete Wassermengen pro Tag															
										1				2				3				4			
										7—2	2—9	9—7	im Ganzen	7—2	2—9	9—7	im Ganzen	7—2	2—9	9—7	im Ganzen	7—2	2—9	9—7	im Ganzen
		°C	°C	°C	°C		%	mm																	
Mai Max.	28.	26,7	25,9	—	—	2	56,1	742,3	5	6,18	5,29	2,52	13,99	7,15	5,11	2,38	14,64	3,45	3,11	1,79	8,35	6,48	4,89	2,08	13,45
Mai Min.	3.	13,1	12,8	—	—	10	88,4	732,5	2	1,00	0,71	0,17	1,88	0,93	1,40	0,19	2,52	0,58	0,46	0,16	1,20	1,07	0,68	0,20	1,95
Juni Max.	28.	18,9	18,2	21,4	17,1	6	60,4	743,9	0	3,59	3,60	1,69	8,88	3,32	3,29	1,63	8,24	1,93	2,08	1,02	5,03	3,24	3,11	1,96	8,04
Juni Min.	1.	15,9	14,6	15,9	13,9	8	79,5	741,3	2	1,44	1,22	0,00	2,66	1,23	1,29	0,01	2,53	0,09	0,81	0,18	1,08	1,57	1,53	0,03	3,13
Juli Max.	10.	28,6	27,9	30,1	22,1	3	53,7	740,9	2	6,35	3,80	4,41	14,56	5,35	3,97	3,34	12,66	3,68	2,38	2,26	8,32	5,83	3,26	3,34	12,43
Juli Min.	24.	21,9	20,5	23,6	20,1	1	60.3	741,3	0	3,28	2,85	0,37	6,50	2,79	2,82	0,38	5,99	1,76	1,29	0,92	3,97	3,08	2,60	0,40	6,08
Aug. Max.	8.	20,7	20,0	22,2	17,8	3	55,7	733,3	4	4,24	2,90	3,28	10,42	4,04	2,71	4,21	10,96	3,02	1,85	2,35	7,22	4,39	2,50	3,21	10,10
Aug. Min.	23.	19,4	18,7	20,2	19,4	6	82,2	740,4	0	1,32	1,25	0,26	2,83	1,22	1,21	0,29	2,72	0,78	0,83	0,27	1,88	1,20	1,10	0,31	2,61

7 U. früh, 2 U., 9 U. und Tags darauf 7 U., die Beobachtungszeit umfaßte die Monate Mai, Juni, Juli und August 1880. Es wurden von zwei zu zwei Stunden (an klaren Tagen schon um 4 U. früh und Abends 8 U.) die vier gleichzeitig exponirten Thermometer abgelesen, ferner die Temperaturen im Wasser des Evaporimeters am Bassin (No. 4) und an der Oberfläche des Bassinwassers, der Beobachter Herr *Franz Fritsch* zeichnete weiters die Stände des Psychrometers, des Barometers auf, und notirte die Windstärke und den Grad der Bewölkung (innerhalb 10 Bogengrade um die Sonne). Auf solche Weise konnte ein werthvoller Einblick in das Zusammenspiel der auf die Verdunstung einflußnehmenden Faktoren gewonnen werden.

Die vorstehende Tabelle I bringt die innerhalb der einzelnen Ablesungstermine verdunsteten Wassermengen in monatlichen Summen und im Totale zur Darstellung nebst den sie bedingenden äußeren Ursachen, in Tabelle II sind die täglichen Extreme übersichtlich zusammengestellt.

Aus den Daten der Tabelle I ergiebt sich Folgendes:

1) Setzt man die totale Verdunstungsmenge vom Evaporimeter No. 1 (besonnt) = 100, so gelten für die anderen drei Instrumente die relativen Zahlenwerthe:

für No. 2 (beschirmt)	98,5
» » 3 (in der Hütte)	62,0
» » 4 (am Bassin)	98,3.

Es bleibt die Verdunstung an No. 2 und No. 4 um die minimalen Beträge von 1,5 und 1,7 Proc. hinter der Verdunstung an No. 1 zurück, daraus folgt, daß weder die Beschirmung, noch die Nähe des Wasserbassins einen erheblichen Unterschied im totalen Verdunstungsquantum hervorzubringen vermochte. Dagegen zeigt sich eine bedeutende Differenz von 38 Proc. am Evaporimeter No. 3, das in der Hütte aufgestellt war. Die niedrigere Temperatur der Luft in der Hütte, der etwas verminderte Luftzug lassen diesen Unterschied erkären.

2) Für die innerhalb der einzelnen Zeitintervalle abgedunsteten totalen Wassermengen ergeben sich unter derselben Voraussetzung wie vorhin die relativen Werthe:

	7—2 U.	2—9 U.	9—7 U.
für No. 2	94,9	101,0	101,2
» » 3	55,0	61,1	77,8
» » 4	102,0	94,4	100,2.



Der Schirm hält die Strahlen der Sonne vom Wasser des Evaporimeters No. 2 ab, und dieses bleibt bei seiner großen spezifischen Wärme während den Vormittagstunden in der Verdunstung um 5,1 Proc. zurück, dagegen verdunstet in den beiden anderen Terminen ein wenig mehr Wasser aus No. 2 als am unbeschirmten Instrumente No. 1, weil vermöge der verminderten Wärmeausstrahlung das Wasser unter dem Schirm nicht so weit abkühlt.

Die Hütte vermag ungleich mehr als der Schirm die Ausstrahlung der Wärme zu hindern, und dadurch erklärt sich die Näherung der Verdunstungswerthe des Evaporimeters No. 3 an die Zahl 100 in den Zeitintervallen 2—9 U. Abends und 9—7 U. früh; andererseits läßt die für 7—2 U. gefundene Zahl (55 Proc.) ersehen, wie sehr die Hütte in den Vormittagstunden die Wärme abhält.

Auffällig ist für das Evaporimeter No. 4 das Zurückgehen der Verdunstung in der Zeit von 2 U. Nachmittags bis 9 U. Abends um ca. 7 Proc., es erklärt sich dies damit, daß zu dieser Zeit die relative Feuchtigkeit der Luft über dem Bassin wegen der vermehrten Dampfbildung an der Wasseroberfläche am größten ist, denn die letztere erlangt erst gegen 4 U. Nachmittags die höchsten Temperaturen.

3) Betrachtet man die monatlichen Verdunstungssummen für sich, so erscheint der Monat Juli mit der höchsten Summe, er ergab die meisten regenfreien Tage, aber abgesehen davon, mußte in diesem Monat die Verdunstung am intensivsten sein, weil die Luft am wärmsten und trockensten war. Der Einfluß der relativen Feuchtigkeit auf den Vorgang der Verdunstung geht aus dem Vergleiche der Resultate für die Monate Juni und August hervor. Trotz der höheren Lufttemperatur war die Verdunstung im August geringer als im Juni (um 13 Proc.), weil die Luft den für den August ungewöhnlich hohen mittleren Feuchtigkeitsgehalt von 73,8 Proc. erreichte. Der Einfluß der Windgeschwindigkeit auf die Verdunstungsgröße tritt am deutlichsten erst in den täglichen Extremen hervor (Tab. II).

Aus der Tabelle II läßt sich nachfolgendes entnehmen:

1) Die höchste tägliche Verdunstungsmenge (14,56 ccm) fällt auf einen Tag im Juli (10.), der zugleich der wärmste Tag des ganzen Jahres

1880 war (Tagesmittel 28,6° C). Die relative Feuchtigkeit der Luft betrug nur 53,7 Proc. im Mittel.

2) Die niedrigste tägliche Verdunstungsmenge trifft naturgemäß mit den ungünstigsten äußeren Bedingungen zusammen, an demselben Evaporimter No. 1 verdunsteten am 3. Mai nur 1,88 ccm Wasser bei einem Tagesmittel von 12,8° C (Bewölkung 10) und einer mittleren relativen Feuchtigkeit von 88,4 Proc.

3) Die große Einflußnahme stark bewegter Luft auf den Verdunstungsvorgang zeigt sich in auffälliger Weise am 28. Mai (Windstärke 5), an welchem Tage fast ebensoviel Wasser aus dem Evaporimeter No. 1 wie am 10. Juni verdunstete. (Tagesmittel der Temperatur 26,7° C, relative Feuchtigkeit 56,1 Proc.)

Weil sich das Evaporimeter «Piche» vermöge des geringen Wasserquantums, das es faßt, so ausgezeichnet den äußeren Einflüssen accommodirt, so ist es für den Meteorologen ein ganz willkommenes Hülfsmittel bei der Beurtheilung der Gesammtwirkung aller jener Faktoren, die die Verdunstung des Wassers beeinflussen. Einige der vorhin gerügten Mängel, welche dem Instrumente anhaften, treten bei weniger hohen Temperaturen mehr in den Hintergrund, daher ist der Exposition in der Hütte der Vorzug einzuräumen.

Wenn auch zugegeben werden muß, daß die auf Wägung beruhenden Evaporimeter genauere Daten über die Verdunstung liefern, so ist andererseits nicht zu verkennen, daß die Einfachheit des «Piche» und seine leichte Handhabung bei geringem Kostenpreis ganz erhebliche Vorzüge sind, die erst dann in ihrem ganzen Umfange hervortreten werden, wenn es sich um die allgemeine Einführung eines Evaporimeters für die Zwecke der Agrarmeteorologie handeln wird.

Prof. *Cantoni* hat eine Modifikation an dem Evaporimeter «Piche» angebracht, bei welcher die Papierscheibe nicht am unteren Ende der Wassersäule, sondern an dessen oberem Spiegel angebracht ist, dadurch ist der hydrostatische Druck auf die Papierfläche vermieden. Es gelingt dies dadurch, daß das Glasrohr U förmig gebogen wird, der eine Schenkel ist geschlossen, der andere offen und auf diesem liegt die Papierscheibe auf.

In dieser modifizirten Gestalt wurde das Evaporimeter «Piche» von der im September 1880 zu Wien tagenden agrarmeteorologischen Conferenz zu weiteren Studien über Wasserverdunstung empfohlen.

Neue Litteratur.

***J. B. Lawes, J. H. Gilbert und R. Warington.* Ueber die Zusammensetzung des Regenwassers** in Rothamsted. Aus: On the amount and composition of the rain and drainage-waters collected at Rothamsted. Parts I and II (incomplete) Journ. of the royal agr. Soc. of England Vol. XVII. — S. S. Part I.

Gegenwärtige Abhandlung hat zum Zweck, alle Resultate zusammenzufassen, welche die in Rothamsted angestellten Untersuchungen über die Zusammensetzung und Quantität des im Boden circulirenden Wassers ergeben haben.

Ein Theil dieser Forschungen wurde bereits publicirt, doch fanden wir bisher nie Gelegenheit, die Resultate, welche uns dieselben geliefert haben zu besprechen. Das eben auszuführen wollen wir hiermit versuchen indem wir allen bis jetzt bekannten Thatsachen diejenigen beigesellen, welche nach jenen Veröffentlichungen zu ermitteln uns gelungen ist.

Diese Arbeit zerfällt in zwei Theile, wovon der erste sich mit dem in Rothamsted gefallenen Regenwasser beschäftigen wird, während im zweiten die Zusammensetzung des Drainage-Wassers und die Verdunstung eines nicht kultivirten Bodens zur Untersuchung gelangen. Demnächst werden wir das bezügliche Studium auf die der Kultur unterliegenden Bodenflächen ausdehnen und aus den erhaltenen Resultaten die Lösung einiger landwirthschaftlicher Probleme abzuleiten suchen.

Erster Theil[1]. — ***Quantität und Zusammensetzung des in Rothamsted gesammelten Regenwassers.***

1) Regenmesser. Behufs genauer Ermittelung der Höhe des in Rothamsted gefallenen Regenwassers und zum Zweck der Sammlung einer genügenden Quantität von Flüssigkeit, um deren Zusammensetzung feststellen zu können errichtete man daselbst im Winter 1852 — 1853 einen großen Regenmesser: Das Auffanggefäß war aus mit Blei überzogenem Holze gefertigt und von rechteckiger Form mit einem Flächeninhalt von einem Tausendstel Acre (ungefähr 4 □ Meter); seine Entfernung vom Boden betrug 2 Fuß und entsprach einer Höhe von 128 Metern über dem Meeresspiegel.

Das vom Auffang gesammelte Wasser lief in einen Glas-Behälter, der, wenn gefüllt, sich mittelst einer Leitungsröhre in ein zweites dem ersten gleichendes Gefäß ergoß. Die Quantität des gefallenen Wassers wurde bis 2 Mal täglich ermittelt und zwar durch Wiegen des Gesammt-Inhaltes der beiden Gefäße. Ein Zoll in den Regenmesser gefallenen Wassers entsprach dem Gewichte von 226¹/₄ engl. Pfunden.

Bis zum Monat November 1876 machte man von diesen Vorrichtungen Gebrauch, nur hatte man seit 1873 die Glas-Behälter durch Cylinder aus galvanisirtem Eisen ersetzt, welche mit das Niveau verzeichnenden Scalen versehen waren. Diese Aenderung ermöglichte es, daß man das Wasser messen konnte, anstatt es wiegen zu müssen.

---

[1]) Ueber den zweiten, noch nicht vollständig erschienenen Theil wird später referirt werden. *D. H.*



Dieser erste Regenmesser ist jetzt durch einen anderen ersetzt worden, den man in der Nähe von jenem aufgestellt hat; er ist aus mit Blei verbundenen Glasplatten verfertigt und seine Ränder erheben sich nur einen Fuß über den sie umgebenden Boden. Der letztere ist auf 3 Seiten nicht bebaut, sondern seit 1874 nur mehr mit Gras bestanden. Das Wasser sammelt sich in 4 Cylindern aus galvanisirtem Eisen, welche sich in einander ergießen. Ein jeder dieser Cylinder vermag mehr als einen 1/2 Zoll Regenfall zu fassen, der auf der angebrachten Scala bis auf ein tausendstel Zoll ablesbar ist.

Außer den eben beschriebenen 2 Apparaten hat man schließlich noch einen kleinen Regenmesser einer beständigen Beobachtung unterworfen; derselbe, von kupfernem trichterförmigem Auffang, von 5 Zoll Durchmesser wurde zur Seite der beiden anderen und in gleicher Höhe aufgestellt.

2) Der in Rothamsted gefallene Regen.

Die Ergebnisse der im ersten Jahre gemachten vergleichenden Beobachtungen stellten sich für die beiden großen Regenmesser fast ganz übereinstimmend heraus; der alte Apparat zeigte einen Regenfall von 22,361 Zoll und der neue 22,363 Zoll. Späterhin traten jedoch erhebliche Abweichungen zu Tage, verursacht durch das Wasser durchlassende Risse im alten Apparat.

Außerdem hatte durch Einfluß der Feuchtigkeit die Form des Auffanggefäßes eine Umgestaltung erlitten, da dasselbe, wie oben bemerkt, aus Holz gefertigt war. So entschloß man sich denn, den alten Apparat außer Thätigkeit zu setzen und fortan nur noch den neuen Regenmesser mit gläsernem Auffanggefäß zu beobachten.

Der kleine Regenmesser hat stets einen geringeren Regenfall verzeichnet und zwar, wie man gleich sehen wird, unter sehr schwankenden Abweichungen; die folgende Tafel giebt das Mittel der Resultate, welche sich mit Hülfe der besprochenen 2 Apparate während der 28 Jahre unausgesetzter Beobachtung, Monat für Monat, ergeben haben.

Vergleichende Uebersicht
der Ergebnisse des großen und kleinen Regenmessers zu Rothamsted.
(Mittel von 28 Jahren).

	Monatlicher Regenfall		Unterschied	
	Großer Apparat	Kleiner Apparat	an sich	per cent
	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll
Januar	2,590	2,263	0,327	12,6
Februar	1,728	1,508	0,220	12,7
März	1,693	1,399	0,294	17,4
April	2,008	1,803	0,205	10,2
Mai	2,329	2,149	0,180	7,7
Juni	2,451	2,272	0,179	7,3
Juli	2,704	2,533	0,171	6,3
August	2,643	2,440	0,203	7,7
September	2,638	2,403	0,235	8,9
Oktober	3,089	2,784	0,305	9,9
November	2,345	2,113	0,232	9,9
December	2,084	1,861	0,223	10,7
Im ganzen Jahr	28,302	25,528	2,774	9,8

Man sieht, daß jene Abweichungen ihr Minimum im Sommer, im Monat Juli, haben und daß sie dann nach beiden Seiten anwachsen, um ihr Maximum im März zu finden; während des ganzen Winters sind sie so beträchtlich, daß sie im Zeitraum eines Jahres einen Unterschied von 2,774 Zoll ergeben, also fast den zehnten Theil der Gesammt-Quantität des gesammelten Wassers.

In gewissen Fällen kann man sich leicht Rechenschaft über diese Abweichungen geben: es ist zum Beispiel evident, daß der Schnee besser vom großen als vom kleinen Auffanggefäß gesammelt wird. Dasselbe gilt von den Niederschlägen des Reifes und des Thaus. Diese Erklärungen beleuchten nun zwar die während des Winters beobachteten Abweichungen, zeigen aber nicht die Ursache derjenigen des Sommers.

Der im Laufe von 28 Jahren beobachtete Regenfall zu Rothamsted erreicht die jährliche Mittelhöhe von 28,302 Zoll. Hierbei ist zu bemerken, daß diese Höhe die in den östlichen Theilen Englands übliche nicht unerheblich überschreitet. Aus der ausgezeichneten von *G. J. Symons* entworfenen Karte geht hervor, daß die Höhe des Regenfalles von Englands östlichen Ländergebieten sich gewöhnlich unter 25 Zoll stellt; nur ein isolirter Distrikt, der einen Theil von Hertfordshire, Buckinghamshire und Bedfordshire einschließt, hat einen Regenfall von 25 bis 30 Zoll. In eben diesem Distrikt ist Rothamsted gelegen.

Unsere Beobachtungen haben wir sorgfältig mit denjenigen benachbarter meteorologischer Stationen verglichen: sie sind alle, und vornehmlich im Sommer, weniger regenreich als Rothamsted. Im Durchschnitt betrachtet, kann man sagen, daß das Minimum in den Monaten Februar und März fällt; dann findet bis zum August ein Anwachsen statt, dem wieder eine Verminderung folgt, bis schließlich im Monat Oktober sich ein beträchtliches Maximum zeigt. Nur in den Stationen, welche zur Zone der mittleren Regenfälle gehören, tritt das Maximum im Juli oder August ein; in Greenwich jedoch erscheint dasselbe auch im Oktober, wie in Rothamsted.

Nach der von verschiedenen Meteorologen angenommenen Regel wird die in einem genügend langen Zeitraum beobachtete größte Trockenheit sich um ein Drittel niedriger stellen als das Mittel jener Periode. Drei sich einander folgende trockene Jahre werden ein um ein sechstel niedrigeres Mittel aufweisen. Das Regenmaximum des feuchtesten Jahrganges soll genau doppelt so viel betragen wie das Minimum derselben Zeit-Periode. So führen uns die an 8 verschiedenen Stationen angestellten Beobachtungen zu folgenden Resultaten:

Vergleichende Uebersicht des Regenfalles im feuchtesten und im trockensten Jahre, sowie in den 3 fortlaufend trockenen Jahren der Zeit-Periode 1853—1879.

	Feuchtestes Jahr		Trockenstes Jahr		Drei fortlaufend trockene Jahre	
	Beobachtung	Schätzung	Beobachtung	Schätzung	Beobachtung	Schätzung
Rothamsted	36,04	37,46	18,56	18,73	23,94	23,41
St. Albans	38,15	37,05	18,66	18,53	23,68	23,16
Hemel Hempstead	36,28	36,08	16,96	18,04	22,25	22,55
Hitchin	30,28	32,88	17,16	16,44	19,68	20,55
Royston	30,06	31,36	16,67	15,68	19,49	19,60
Cardington	31,39	29,40	14,87	14,70	18,30	18,37
Stretham, Ely	29,03	27,92	13,81	13,96	15,87	17,45
Greenwich	31,90	32,89	16,38	16,45	20,71	20,56
Mittel	32,89	33,13	16,63	16,57	20,49	20,71

Die Uebereinstimmung ist so befriedigend als möglich, weshalb es erlaubt ist, innerhalb der Grenzen der Praxis die oben citirten Regeln gelten zu lassen.

3) Zusammensetzung des Regenwassers.

Wenn das verdunstete Wasser sich in den oberen Regionen der Atmosphäre wieder verdichtet um in Form von Regen, Schnee oder Hagel niederzufallen, wird es zunächst einen mehr oder minder großen Theil der Gase auflösen, aus denen die Luft zusammengesetzt ist; diese Quantität wechselt je nach dem Coëfficient der Auflösbarkeit eines jeden dieser Gase, sowie auch nach dem jeweiligen Drucke und wird um so größer sein, je niedriger die Temperatur des Regens und je stärker der atmosphärische Druck ist: Sauerstoff und Stickstoff treten hierbei nothwendigerweise in den Vordergrund, doch schließt sich denselben auch ein wenig Kohlensäure und kohlensaures Ammoniak an.

Außer diesen gasartigen Stoffen führt der Regen noch verschiedene feste Körper mit sich fort, einige davon in aufgelöstem Zustande, wie zum Beispiel die Chloride, Sulfate und Nitrate von Natrium, Calcium und Ammonium; auch andere unauflösbare, wie Staubtheilchen und dergleichen, welche Ursache der Trübung des Regenwassers sind. Einige dieser Stoffe kommen nur in außerordentlich geringen Quantitäten im Wasser vor, so daß die chemische Analyse sie oft nicht mit Genauigkeit zu bestimmen vermag.

Das Ammoniak rührt evidenter Weise aus der Zersetzung von organischen, vegetabilischen oder animalischen Stoffen her; ferner liefert davon eine gewisse Quantität der Verbrennungs-Proceß und zwar vornehmlich der der Steinkohle. Die Luft der Städte ist reicher an Ammoniak als die Landluft. Nach *Th. Schloesing* ist der Ocean in den tropischen Regionen die Haupt-Quelle des atmosphärischen Ammoniaks. Dank der hohen Temperatur, welche in jenen Gegenden herrscht, tritt das Ammoniak leicht in die atmosphärische Luft und verbreitet sich dann über die ganze Oberfläche unserer Erdkugel. In den hohen Breitegraden wird man stets die Süd-Winde als hauptsächlichste Träger des Ammoniaks beobachten.

Die in der Luft enthaltene Salpetersäure verdankt ihre Entstehung hauptsächlich den Wirkungen der Elektricität, indem letztere die Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff veranlaßt.

Das sich gleichzeitig entwickelnde Ozon vermag sowohl salpeterige Säure wie Ammoniak zu oxydiren, woraus in beiden Fällen Salpetersäure resultirt. Außer der Elektricität bietet sich für Entstehung der Salpetersäure noch ein anderer Weg; es ist das die Oxydation von Ammoniak durch Ozon und Wasserstoffsuperoxyd. Da der letztere Stoff sich bildet, sobald Terpentin, auch einige andere Stoffe, in der Luft oxydiren, ist man zu der Annahme gebracht, daß die Nähe von Nadelholzwäldern die Bildung von Salpetersäure günstig beeinflußt.

Die in der Luft enthaltenen Sulfate rühren nach *Angus Smith* hauptsächlich von der Oxydation der Schwefelverbindungen her, die sich bei der Fäulniß organischer Stoffe bilden. In den Städten tritt außerdem noch die Oxydation der Schwefelsäure hinzu, die durch Verbrennung der Steinkohle ihre Entstehung findet.

Die Chloride liefert der Ocean, dessen von den Winden zerstäubtes Wasser durch große Entfernungen fortgeführt wird. Auch durch Verbrennung können davon sich kleinere Quantitäten erzeugen.

Auch die Untersuchung des Ammoniaks und der Salpetersäure, die sich im

Regenwasser vorfinden, muß für den Landwirth ein großes Interesse bieten. Sind doch diese beiden Stoffe als die Basis für die Ernährung der Pflanzen zu betrachten und schafft der Landwirth dieselben sogar mit großem Kostenaufwand herbei, um nur die Fruchtbarkeit des Bodens nach Möglichkeit zu erhöhen.

De Saussure, *Brandes* und *Liebig* haben dieses Factum auch schon vor den in Rothamsted angestellten Versuchen in Anregung gebracht. Unsere ersten Bestimmungen in dieser Richtung datiren von 1846. *Barral* hat im Jahre 1851 Monate lang Forschungen über die in dem zu Paris gefallenen Regen enthaltenen Quantitäten von Ammoniak und Salpetersäure angestellt, und im Jahre 1852 war es *Boussingault* der das zu Liebfrauenberg (Elsaß) gefallene Regenwasser untersuchte, um das darin enthaltene Ammoniak zu bestimmen.

Zur Fortsetzung dieser Untersuchungen gab uns der zu Rothamsted befindliche Regenmesser Veranlassung und die durch denselben ermöglichte Sammlung größerer Quantitäten Regenwassers. Zu diesem Behufe stellte man täglich eine gewisse Quantität des gefallenen Wassers zurück, um diese Muster am Ende eines jeden Monats zu mischen, wodurch ein genaues Mittel von dem in jener Periode gefallenen Regen erzielt wurde. Die Bestimmungen des Ammoniaks hat man solcherweise Monat für Monat vom März 1853 bis zum Mai 1854 fortgesetzt. Die angewendete Methode bestand darin, daß man einen Theil der Flüssigkeit destillirte und den Gehalt an Ammoniak durch Benutzung von Schwefelsäure und einem Alkali zur Bestimmung brachte. Die Resultate dieser Analysen wurden im Jahre 1854 der British association for the advancement of science mitgetheilt. Wir geben von denselben nachstehend ein kurzes Résumé.

	1853			1854		
	Regen-Höhe	Stickstoff in Form von Ammoniak		Regen-Höhe	Stickstoff in Form von Ammoniak	
		auf eine Million Wassertheile	per acre engl. Pfunde		auf eine Million Wassertheile	per acre engl. Pfunde
	Zoll			Zoll		
Januar	—	—	—	2,034	0,64	0,30
Februar	—	—	—	0,949	0,78	0,17
März	2,363	1,19	0,63	0,514	0,78	0,09
April	2,999	0,67	0,46	0,498	0,80	0,09
Mai	1,682	1,10	0,42	4,384	0,37	0,38
Juni	3,395	1,05	0,80	—	—	—
Juli	4,484	0,77	0,78	—	—	—
August	2,978	0,69	0,46	—	—	—
September	2,011	0,61	0,28	—	—	—
Oktober	3,659	0,57	0,47	—	—	—
November	2,052	0,66	0,31	—	—	—
December	0,408	1,33	0,12	—	—	—

Laut vorstehender Tafel finden wir also in den ersten 12 Monaten einen Regenfall von 29,014 Zoll Totalhöhe mit einem Gehalt an Stickstoff in Form von Ammoniak von 5,20 engl. Pfunden per acre. In der Gesammtzeit von 15 Monaten, über welche sich die Beobachtungen erstrecken, haben wir eine Regenhöhe von 34,41 Zoll, mit 0,74 Ammoniak-Stickstoff auf eine Million von Wassertheilchen.

Gleichzeitig hat man auch versucht, die im Regenwasser enthaltene kleine Quantität Stickstoff in Form von Salpetersäure zu bestimmen, doch genügten die zu jener Zeit bekannten Methoden der Analyse nicht, um hinreichend genaue Resultate erzielen zu können.

Die in den Jahren 1855 und 1856 zu Rothamsted aufgefangenen Wasser wurden von Professor *Way* analysirt; ihm verdanken wir die genaue Bestimmung des Ammoniaks und der Salpetersäure aus den Mustern, die uns durch Mischung eines entsprechenden Theiles des täglich gefallenen Regenwassers jeden Monat geliefert wurden. Das Ammoniak wurde mittelst einer Methode bestimmt, ähnlich der, welche wir schon früher zur Anwendung gebracht hatten. Die Bestimmung der Salpetersäure erlangte man durch eine besondere sehr sensible Verfahrungsart, deren Einzelheiten sich im Journal of the Royal Agricultural Society, t. XVII, p. 142—618, beschrieben finden.

In nachstehender Tafel geben wir das Résumé gedachter Untersuchungen.

	1855			1856		
	Regen-Höhe	Stickstoff auf eine Million		Regen-Höhe	Stickstoff auf eine Million	
		als Ammoniak	als Salpetersäure		als Ammoniak	als Salpetersäure
	Zoll			Zoll		
Januar	0,598	1,08	0,06	2,782	0,93	0,09
Februar	0,993	1,22	0,16	1,352	1,60	0,07
März	2,364	1,01	0,08	1,004	1,09	0,13
April	0,410	1,45	0,13	2,611	1,72	0,07
Mai	2,324	0,94	0,13	4,707	1,49	0,10
Juni	1,647	1,59	0,30	1,912	1,33	0,17
Juli	6,956	0,72	0,06	1,484	1,00	0,13
August	2,633	0,94	0,22	2,645	0,82	0,13
September	1,545	1,12	0,08	2,187	1,42	0,13
Oktober	5,501	0,72	0,13	2,874	0,71	0,12
November	2,473	0,64	0,07	1,422	0,94	0,16
December	1,722	0,79	0,06	2,235	0,94	0,15
Im ganzen Jahr	29,166	0,88	0,12	27,215	1,18	0,12

Aus dieser Tafel ist ersichtlich, daß die von *Way* gefundene Quantität Ammoniak im Allgemeinen größer ist als die, welche früher durch uns zur Bestimmung kam, und ist diese Abweichung im Jahr 1856 besonders bemerkbar. Im Durchschnitt ergab sich während der 24 Monate auf eine Million Wassertheile 1,03 Stickstoff in Form von Ammoniak.

Der in Form von Salpetersäure ermittelte Stickstoff ist viel geringer und betrug während der zwei Jahre nur 0,12 auf eine Million. *Boussingault* fand zu Liebfrauenberg im Jahre 1852 eine Mittel-Quantität von 0,48 für Stickstoff als Ammoniak und im Jahre 1856 für Stickstoff als Salpetersäure nur eine solche von 0,048 per Million.

Die in den vorstehenden Tafeln gegebenen Aufzeichnungen zeigen, daß die im Regenwasser enthaltenen Quantitäten Ammoniak beträchtlichen Schwankungen unterworfen sind. Dieselben rühren von der an sich sehr veränderlichen Zusammensetzung der Luft her. Unter normalen Bedingungen wird man die Luft

im Sommer reicher als im Winter finden, zumal wenn die Temperatur des Windes eine hohe ist. In den Städten wird man jedoch die entgegengesetzte Beobachtung machen, was auf den größeren Kohlen-Consum zurückzuführen ist, da die brennende Kohle eine gewisse Quantität Ammoniak erzeugt.

In Rothamsted aber zeigen die Sommerregen einen viel größeren Reichthum an Ammoniak als die Winterregen. Wenn wir nämlich alle zu den verschiedenen Jahreszeiten von uns wie von Professor *Way* gemachten Analysen zusammenfassen und sie in einer Weise neben einander stellen, daß der Einfluß der Jahreszeit hervorspringt, so erhalten wir die folgenden Resultate.

	Regen-Höhe	Stickstoff als Ammoniak	
		auf eine Million Wassertheile	engl. Pfunde per acre
	Zoll		
Sommer (April bis September)	16,203	1,02	3,74
Winter (Oktober bis März)	12,262	0,85	2,36
Im ganzen Jahr	28,465	0,95	6,10

Was die Salpetersäure anlangt, so scheint dieselbe laut *Way*'s Untersuchungen gleichartigen Schwankungen zu unterliegen. Das im Zeitraum von zwei Jahren erhaltene Mittel ergiebt für den Sommerregen 0,122 auf eine Million Theile und für den Winterregen nur 0,109; der Unterschied ist jedoch, wie man sieht, geringer, als dies beim Ammoniak der Fall ist.

Ein anderer Umstand, der die Beschaffenheit des Regenwassers sehr zu beeinflussen scheint, ist in der Art und Weise zu suchen, wie der Regen fällt. Geschieht dies in sehr heftiger Weise, das heißt, gelangt in verhältnißmäßig kurzer Zeit eine große Menge Wasser zur Erde, so wird die bald rein gewaschene Atmosphäre für den letzten Theil des Regens nichts weiter abzugeben haben. Fällt dagegen die gleiche Quantität Wasser in Zwischenräumen in kleineren Parthieen nieder, so findet die Luft jedesmal Zeit, die fortgeschwemmten Bestandtheile neu aufzunehmen, um sie dem folgenden Regenschauer wieder zuzuführen; in letzterem Falle wird das Wasser also zu größerem Reichthum gelangen.

In nachstehender Tafel verzeichnen wir die hierüber klaren Aufschluß gebenden Zahlen.

	Durchschnittliche Regenhöhe	Stickstoff als Ammoniak auf eine Million Wassertheile
	Zoll	
Regenhöhe unter 1 Zoll (7 Monate)	0,624	1,06
» zwischen 1 und 2 Zoll (9 Monate)	1,530	1,17
» » 2 » 3 » (16 Monate)	2,473	0,91
» über 3 Zoll (7 Monate)	4,727	0,82

Auch für die Salpetersäure gilt das oben Gesagte: Regen, welche weniger als 1 Zoll Wasser im Monat ergeben haben, lieferten 0,12 Stickstoff als Salpetersäure auf eine Million Wassertheilchen, zwischen 1 und 2 Zoll dagegen 0,14, zwischen 2 und 3 Zoll 0,12, und endlich über 3 Zoll nur 0,10. Wie bei Ermittelung des Ammoniaks, so stößt man auch hierbei auf eine Unregelmäßigkeit. Es ist nämlich nicht der kleinste Regen, welcher den größten Reichthum zeigt, doch

ist die Abweichung nur gering und mag auf eine unregelmäßige Vertheilung des Regens in den betreffenden Monaten zurückzuführen sein. Jedenfalls ist sie nicht zureichend, um die aufgestellte Regel umzustoßen.

Die Ermittelungen des Ammoniaks und der Salpetersäure führen uns unter dem Gesichtspunkt der Bereicherung des Bodens zu folgenden Resultaten:

Jahre	Regenhöhe	Stickstoff per acre in Form von		
		Ammoniak	Salpetersäure	Gesammtstickstoff
	Zoll	engl. Pfunde	engl. Pfunde	engl. Pfunde
1853—54	29,014	5,20	(0,74)	5,94
1855	29,166	5,82	0,72	6,58
1856	27,215	7,28	0,76	8,00
Mittel	28,465	6,10	0,74	6,84

Laut dieser Tafel empfängt also der Boden bei einem Mittel-Regenfall von 28,465 Zoll 6,10 englische Pfunde Stickstoff in Form von Ammoniak und zwar im Zeitraum eines Jahres bei der Oberfläche von 1 acre; sowie ferner 0,74 engl. Pfunde Stickstoff in Form von Salpetersäure; ein Gesammtquantum also von 6,84 engl. Pfunden Stickstoff, was ungefähr 46½ englischen Pfunden von gewöhnlichem Natron-Salpeter entsprechen würde. Man möge jedoch im Auge behalten, daß diese Bestimmungen zu einer Zeit gemacht worden sind, wo die betreffenden Analysen noch nicht den Grad großer Vollkommenheit erreicht hatten. Wir wollen daher auch die erhaltenen Resultate mit denjenigen anderer Chemiker vergleichen.

Das vermittelst des Regens der Erde zugeführte Ammoniak, wie auch die Salpetersäure, repräsentiren übrigens nicht die Totalität des Stickstoffs, den der Boden aus unserer Atmosphäre zieht. Man muß nämlich noch das von der Erde direkt absorbirte Ammoniak in Rechnung bringen und zwar dürfte auch dies ein zweiter Weg einer nicht zu unterschätzenden Bereicherung sein, deren Werth gehörig zu erwägen uns aber leider bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft nicht möglich ist. Es ist das eine Frage, die ein näheres Studium jedoch wohl verdient.

Die letzten Analysen von zu Rothamsted gefallenem Regenwasser wurden von *Frankland* gemacht und erhielten dieselben im sechsten Bericht von «Rivers' Pollution Commission» im Jahr 1874, Aufnahme. Diese Analysen wurden auf Grund von 71 Regen- und Schneewasser-Proben gemacht, welche von dem im ersten großen Regenmesser in der Zeit vom April 1869 bis zum Mai 1870 gesammelten Wasser genommen waren; auch nahm man noch 7 weitere Muster von Reif- und Thauwasser hinzu. Es sind daher diese Versuche ausgedehnter als alle anderen auf gleichem Gebiete gemachten, und kann man die Arbeiten *Franklands* unter jedem Gesichtspunkte als die vollständigsten bezeichnen von allen, die bisher über gedachtes Thema zur Ausführung gelangten. Es sind dabei die im Wasser aufgelösten festen Stoffe, die organischen Stoffen angehörigen Quantitäten Stickstoff und Kohle zur Bestimmung gekommen, sowie ferner auch der betreffende Antheil von Ammoniak, Salpetersäure und Chlor; auch hat man die Härte des Wassers festzustellen gesucht und zwar durch Ermittelung des darin enthaltenen Kalkes und der Magnesia.

Frankland bediente sich für seine Untersuchungen einfacher Proben, welche also nicht für die Beschaffenheit des jährlichen, ja nicht einmal des monatlichen

Regenfalles maßgebend sein können. Daher wird man aus seinen Analysen nicht auf die Quantität der Nährstoffe schließen können, welche innerhalb bestimmter Zeiträume dem Boden vom Regenwasser zugeführt werden. Ihr Zweck wird vielmehr der sein, alle durch gewisse Bedingungen verursachte Abweichungen in Zusammensetzung jener Stoffe klar zu legen.

Keinem Zweifel unterliegt es, daß das vom Auffanggefäß eines Regenmessers gesammelte Wasser Unreinigkeiten mit sich führt, welche sich eben in jenem Gefäß befanden, wie z. B. von der Luft darin abgesetzter Staub, Insekten, Excremente von Vögeln und dergl. Um nun Ungenauigkeiten zu vermeiden, welche daraus hätten entstehen können, hat man den Regenmesser sorgfältigen Waschungen mit destillirtem Wasser unterworfen, zu anderen Malen auch nur das zuletzt strömende Wasser gesammelt, nachdem das zuerst gefallene den Apparat bereits rein gewaschen hatte; alsdann bediente man sich besonderer, gehörig gereinigter Flaschen, in die das Wasser lief, ohne mit dem gewöhnlichen Sammelgefäß des Regenmessers in Berührung gekommen zu sein. Der Vergleich solchen Wassers mit den Proben, welche man, ohne jene Vorkehrungen getroffen zu haben, erhalten hatte, führte zu folgenden Resultaten:

	Feste Stoffe	Kohle als org. Stoff	Stickstoff in Form von				Chlor	Härte (Calciumcarbonat)
			Organischem Stoffe	Ammoniak	Nitraten und Nitriten	Gesammt-Gehalt		
Bei gereinigtem Apparat (22 Proben)	28,0	0,64	0,16	0,30	0,12	0,58	2,1	4,0
Bei nicht gereinigtem Apparat (47 Proben)	36,6	1,03	0,20	0,41	0,15	0,76	3,6	4,8

Im Allgemeinen wird man bei solchen Versuchen immer auf große Abweichungen stoßen, nur ist es schwer zu sagen, ob dieselben den vorgenommenen Waschungen der Apparate allein zuzuschreiben sind, denn man wird zwischen den Zahlen der ersten Reihe obiger Tafel und denjenigen, welche die Proben des zuletzt gefallenen Regens, der also eine fast schon rein gewaschene Luft vorfand, ergeben haben, etwa ein gleiches Verhältniß finden.

So stellte man auch am 11. Mai 1870 folgenden Versuch an: In Voraussicht eines Regens reinigte man um 11 Uhr 30 Minuten Morgens sorgfältigst den Apparat und nahm, als der Regen sich dann wirklich eingestellt hatte, zwei Proben, die eine um drei Uhr, die andere um 4 Uhr 30 Minuten Nachmittags. Das Resultat der Untersuchung dieser zwei ein und demselben Regenfall aber verschiedenen Fall-Perioden angehörigen Proben, zeigt die folgende Tafel.

Zeit des Auffangs	Feste Stoffe	Kohle als org. Stoff	Stickstoff in Form von				Chlor
			Organischem Stoff	Ammoniak	Nitraten und Nitriten	Gesammt-Gehalt	
3 Uhr Nachmittags	40,8	0,93	0,18	1,07	0,18	1,43	1,0
4 » 30 Min. Nachm.	29,4	0,62	0,19	0,37	0,13	0,69	0,8

Man sieht also, daß das zuletzt genommene Muster viel reiner war als das erste, zumal in Bezug auf die lösbaren Stoffe, wie Ammoniak, Salpetersäure, Chlor.

In Zusammenfassung aller erlangten Resultate kann man sagen, daß die Zusammensetzung der vom Regen mitgeführten Stoffe außerordentlich veränderlich ist. Als Beweis hierfür möge die nachstehende Tafel gelten, welche die Ergebnisse der von *Frankland* angestellten Untersuchungen darlegt.

	Feste Stoffe	Kohle als org. Stoff	Stickstoff in Form von				Chlor	Härte
			Organischem Stoff	Ammoniak	Nitraten und Nitriten	Gesammt-Gehalt		
Maximum	85,8	3,72	0,66	1,28	0,44	1,94	16,5	16,0
Minimum	6,2	0,21	0,03	0,04	0,01	0,13	0,0	0,0
Mittel (69 Proben)	33,1	0,90	0,19	0,37	0,14	0,70	3,1	4,7

Die Mittelzahl für Stickstoff als Salpetersäure 0,14 wurde auf Basis von nur 34 Analysen calculirt, da die weiteren 35 Versuche das Vorhandensein dieses Stoffes nicht constatiren, wiewohl Salpetersäure doch eigentlich am regelmäßigsten im Regenwasser vorzukommen pflegt. Die Abwesenheit derselben ist übrigens, wie *Frankland* erklärt hat, nicht als thatsächlich zu betrachten; nur sei die vorhandene Quantität sehr gering gewesen, und habe es an der Unzulänglichkeit der angewendeten Methode gelegen, daß dieselbe nicht ermittelt werden konnte. In seinen letzten Analysen hat daher *Frankland* die Salpetersäure durch Anwendung von Aluminium in Ammoniak umgewandelt, wodurch es ihm gelungen ist, die Anwesenheit derselben immer und überall, obgleich oft nur in den kleinsten Mengen, zu ermitteln.

Aus diesem Grunde haben wir bei Feststellung der Mittelzahlen nicht allen Analysen Rechnung getragen, wo sich anscheinend keine Salpetersäure vorgefunden hat.

Zwei Proben des von *Frankland* analysirten Wassers sind aus einem anderen Grunde bei Calculation des Mittels nicht berücksichtigt worden, nämlich von dem im Januar und Februar 1870 gesammelten Wasser. Die zu jener Epoche herrschende große Kälte ließ den gefallenen Schnee tagelang ungeschmolzen auf dem Auffanggefäß des Regenmessers liegen, und die während jener Zeit aus der Luft sich absetzenden Unreinigkeiten waren so bedeutend, daß es gerathen erschien, das schließlich erhaltene Wasser den zur Untersuchung bestimmten Proben nicht mit einzureihen.

Die Mittel-Quantität des von *Frankland* bestimmten Ammoniaks betrug nur 0,37 auf eine Million Theile, während unsere früheren Analysen bedeutend mehr und zwar 0,95 ergeben hatten. Diese beiden Zahlen sind aber aus diesem Grunde nicht mit einander zu vergleichen, weil *Frankland* nie darauf geachtet hat, Proben zu entnehmen, welche die Totalität des in einem gewissen Zeitabschnitte gefallenen Wassers repräsentirt hätten. Dennoch ist die Abweichung eine so bedeutende, daß man sich noch nach anderen Erklärungen dafür umsehen muß.

Ein begangener Irrthum könnte nun darin bestehen, daß man früher das durch den Wasserdampf dem zur Condensation dienenden Glasgefäß entzogene Alkali auch als Ammoniak gerechnet hat. Die Analysen *Frankland*'s dagegen, welche nach der *Nessler*'schen Methode vollzogen wurden, konnten einer solchen Unregelmäßigkeit nicht anheimfallen. Ferner wäre die Zeit in Betracht zu ziehen,

welche zwischen dem Fall des Wassers und der Analyse verstrichen; denn nimmt man das erhaltene Muster erst in Verwahrung, so läuft man Gefahr, einen Theil des Ammoniaks durch Verflüchtigung zu verlieren.

Es läßt sich daher nicht gut ein Vergleich zwischen den durch verschiedene Untersuchungen erhaltenen Resultaten ziehen. Um die im Regenwasser enthaltene Quantität Ammoniak genau zu kennen, müßte man die Analysen unmittelbar nach geschehenem Fall vornehmen, und wollte man das Totalquantum eines ganzen Jahres zur Ermittelung bringen, so würde das eine sehr umfangreiche Arbeit erfordern, der zu unterziehen wir bisher hier in Rothamsted nicht die nöthige Zeit zu finden vermochten.

Der von *Way* und *Frankland* ermittelte Gehalt an Salpetersäure ist sehr übereinstimmend.

Was die Messungen von organischer Kohle und Stickstoff anlangt, so sind dieselben von großem Interesse, da man dieselben bei Regenwasser bis dahin noch nie zur Ausführung gebracht hatte. Sie repräsentiren die vom Wasser während seines Falles sowie auf der Oberfläche des Fanggefäßes aufgelösten organischen Stoffe.

Das Mittel-Verhältniß zwischen Stickstoff und Kohle läßt sich mit 1 : 4 bezeichnen, im Falle aber nur, wenn der Apparat vorher sorgfältig gereinigt wurde. Ohne solche Reinigung fand man die Zahlen 1 : 5,2; das Mittel von allen Analysen stellt sich auf 1 : 4,8. Der vom Regenwasser aufgelöste organische Stoff ist also evidenter Weise stickstoffhaltig.

Das Chlor rührt von dem in der Luft enthaltenen gewöhnlichen Salze her. Im Durchschnitt hat *Frankland* 3,1 Theile Chlor auf eine Million Theile Wasser gefunden.

Uebrigens ist die Gesammtquantität der im Wasser aufgelösten festen Stoffe bedeutend größer als die deren Bestimmung man unternommen. Der Rest besteht in Sulfaten, welche nach *Angus Smith* sich immer in ziemlich beträchtlichem Verhältniß im Regenwasser vorfinden.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Zusammensetzung des Reif- und Thauwassers über.

Es liegen hierfür 7 Analysen vor und einige derselben basiren auf Proben, welche von mehreren successiven solcher Niederschläge herrührten.

	Feste Stoffe	Kohle als org. Stoff	Stickstoff in Form von				Chlor	Härte
			Organischem Stoff	Ammoniak	Nitraten und Nitriten	Gesammt-Gehalt		
Mittel von 7 Proben	80,0	4,50	1,96	2,31	0,50	4,55	8,0	25,0
Minimum	26,4	1,95	0,26	1,07	0,28	1,66	3,5	13,0
Maximum	48,7	2,64	0,76	1,63	0,40	2,79	5,3	19,0

Diese aus den unteren Schichten der Atmosphäre herrührenden Ablagerungen enthalten das drei- bis vierfache Quantum von organischen Stoffen, Ammoniak und Salpetersäure, wie gewöhnliches Regenwasser; die Totalmenge fester Stoffe und der Chloride ist ebenfalls viel beträchtlicher. Das Mittel-Verhältniß zwischen organischem Stickstoff und Kohle wurde gleich 1 : 3,5 ermittelt.

Aus den von *Frankland* gefundenen Zahlen geht im Allgemeinen hervor, daß die atmosphärischen Wasser in ihrer Zusammensetzung außerordentlich großen Schwankungen unterliegen.

Die hauptsächlichsten Ursachen der letzteren sind größere oder geringere Intensität des Falles und die jeweilige Jahreszeit, in welcher man das Wasser gesammelt. Die sämmtlichen von *Frankland* gemachten Versuche enthalten nur 54, welche sich auf bestimmte Wasserhöhen beziehen; vier andere umfassen die Totalität des während der betreffenden Periode gefallenen Wassers, doch hat man zwei von diesen aus bereits angegebenen Gründen ausschließen müssen.

In der ersten der folgenden Tafeln geben wir die Zahlen, welche die Zusammensetzung des Wassers im Verhältniß zur Stärke des Regenfalles beleuchten: man sieht daraus auf den ersten Blick, daß die Quantität der vom Wasser mitgeführten Stoffe in gleichem Maße geringer wird, wie die Höhe des Wassers zunimmt.

Bei den Chloriden erfolgt eine rapide Abnahme; auch bei den organischen Stoffen ist dieselbe noch recht hervortretend. Bei den Nitraten und Nitriten erscheinen einige Unregelmäßigkeiten, deren Grund in der geringen Zahl von Versuchen liegt, welche hierfür zu Rath gezogen wurden. Die weiteren Abtheilungen der Tafel geben die bezüglichen Mittel für den Sommer- und Winterregen. Unter diesen hat man Sorge getragen, nur Fälle von gleicher Stärke einander gegenüber zu stellen, um nicht in den bereits erwähnten Irrthum zu verfallen.

Wir bemerken ferner, daß von den 56 Analysen, welche die folgenden vergleichenden Zahlen geliefert haben, sich keine auf die Monate Juli und December beziehen; eine einzige wurde im August vorgenommen, zwei im November und Januar. Die meisten Proben wurden im April, Mai und September für die Sommer-Periode und im Februar, März und Oktober für die Winter-Periode genommen.

Regen-Höhe	Zahl der Proben	Feste Stoffe	Kohle als org. Stoff	Stickstoff in Form von: Organischem Stoff	Ammoniak	Nitraten und Nitriten	Gesammt-Gehalt	Chlor
Im ganzen Jahr:								
unter 0,1 Zoll	22	38,2	0,95	0,21	0,46	0,12	0,79	4,2
von 0,1 bis 0,2 Zoll	20	36,9	1,19	0,23	0,44	0,17	0,84	3,5
» 0,2 » 0,4 »	7	34,9	0,74	0,14	0,23	0,11	0,48	1,8
» 0,5 » 0,9 »	7	21,5	0,71	0,12	0,26	0,18	0,56	1,5
In den Sommer-Monaten, April bis September:								
unter 0,1 Zoll	10	42,2	1,10	0,17	0,48	0,17	0,82	3,2
von 0,1 bis 0,2 Zoll	14	41,9	1,18	0,18	0,43	0,18	0,79	3,6
» 0,2 » 0,4 »	4	42,6	1,01	0,15	0,25	0,12	0,52	2,3
» 0,5 » 0,9 »	4	26,3	0,97	0,11	0,35	0,38	0,84	1,9
In den Winter-Monaten, Oktober bis März:								
unter 0,1 Zoll	12	35,0	0,83	0,25	0,44	0,10	0,79	5,0
von 0,1 bis 0,2 Zoll	6	25,1	1,22	0,33	0,48	0,16	0,97	3,3
» 0,2 » 0,4 »	3	24,6	0,39	0,13	0,20	0,09	0,42	1,2
» 0,5 » 0,9 »	3	15,1	0,37	0,14	0,14	0,08	0,36	0,9

Trotz der Unzulänglichkeit der auf Basis einer kleinen Zahl von Analysen aufgestellten Mittelzahlen ist es klar, daß in den meisten Fällen der Sommerregen reicher ist, als der Winterregen. Der Unterschied für die Totalmenge der festen Stoffe ist sehr bedeutend. Auch für Ammoniak, Salpetersäure und Chlor tritt ein solcher Unterschied hervor. Eigenthümlich gestaltet sich dagegen das Verhältniß für die organischen Stoffe. Im Allgemeinen treten auch diese im Sommer reichlicher auf als im Winter, was aus den Messungen der Kohle leicht ersichtlich ist; doch scheint die ursprüngliche Zusammensetzung je nach der Jahreszeit Modifikationen zu erleiden, derart, daß der Stickstoff im Sommer abzunehmen scheint. Das Verhältniß des Stickstoffs zur Kohle unterliegt somit einer bedeutenden Schwankung, wie aus der folgenden Tafel näher hervorgeht.

Regen-Höhe Zoll	Sommer	Winter	Im ganzen Jahr
unter 0,1 Zoll	1 : 6,4	1 : 3,4	1 : 4,5
zwischen 0,1 und 0,2 Zoll	1 : 6,5	1 : 3,7	1 : 5,3
» 0,2 » 0,4 »	1 : 6,8	1 : 2,9	1 : 5,3
» 0,5 » 0,9 »	1 : 8,8	1 : 2,7	1 : 5,8

Es ist wahrscheinlich, daß diese Unterschiede daher rühren, daß der im Wasser aufgelöste organische Stoff im Sommer frisch gebildet war, während er im Winter bereits anfing sich zu zersetzen, wodurch ein Theil der Kohle verloren gegangen war.

Was die Analysen des Thau- und Reifwassers anlangt, so sind dieselben doch in zu geringer Zahl gemacht worden, um ihnen eine besondere Besprechung zu widmen.

In seinem Bericht mißt *Frankland* der Windrichtung besonderen Einfluß auf die Zusammensetzung des Regenwassers bei. Eine exacte Erledigung dieser Frage scheint uns aber mit großen Schwierigkeiten verknüpft, zumal wo wir jetzt wissen, wie viel Einflüsse gleichzeitig einzuwirken vermögen. Um in diesem Punkte zu einigermaßen zutreffenden Resultaten zu gelangen, müßte man in der Lage sein, Analysen, welche in gleicher Zeitperiode und von gleich starken Regenfällen gemacht wurden, vergleichend einander gegenüberzustellen. Die uns vorliegenden Analysen sind nach unserm Dafürhalten nicht zureichend, um in dieser Richtung zu genauen Ermittelungen zu führen. Die einzigen Thatsachen, welche aus *Frankland*'s Untersuchungen, den fraglichen Gegenstand betreffend, hervorgehen, geben uns bekannt, daß die Süd-Ostwinde dem Regen Ammoniak zuführen, während aus Nord-Ost meist eine Bereicherung an Chlor stattfindet. Diese Beobachtungen dürfen uns übrigens nicht überraschen, da zu berücksichtigen ist, daß die Südostwinde ihren Gang über London genommen haben, während nordöstlich der Ocean in nächster Nähe von Rothamsted gelegen ist.

Die letzten in Rothamsted vorgenommenen Untersuchungen über Zusammensetzung des Regenwassers haben zum Zweck, das Gesammtquantum der Chloride zu ermitteln, welches in den Regenfällen eines ganzen Jahres enthalten ist. Man begann mit den betreffenden Untersuchungen im Juni 1877 und sind sie bis jetzt fortgesetzt worden. Dieselben wurden in der Weise gemacht, daß man täglich in einem besonderen Gefäß 4½ Liter auf jeden Zoll Wasser sammelte, diese

Proben am Ende eines jeden Monats mischte, um sie dann der Analyse zu unterwerfen.

Das Chlor wurde nach der schon von *Frankland* angewendeten Volumen-Methode gemessen. Da dasselbe aber nur in sehr kleinen Mengen im Wasser vorkommt, so sind direkte Ermittelungen, ohne vorherige Concentration, nur ungenau. Um diesem Uebelstand vorzubeugen, sind wir in folgender Weise verfahren: Ein Liter Regenwasser, untermischt mit 5 bis 10 Kubikcentimeter Kalkwasser, wurde in einem Glasgefäß durch Verdampfung bis etwas unter ein Viertel seines ursprünglichen Volumens reducirt. Die solchermaßen erhaltene Flüssigkeit wurde dann durch Zusatz von destillirtem Wasser auf 250 Kubikcentimeter gebracht, worauf man die Wägungen vornahm. Neuerdings haben wir aber die Bemerkung gemacht, daß diese Methode nur geringe Resultate liefert. Wir sind daher jetzt von zwei Litern Flüssigkeit ausgegangen, die wir sogleich nach Beimischung von Kalkwasser und geschehener Concentration mit salpetersaurem Silber behandelten.

Acht nach den zwei verschiedenen Verfahrungsarten gemachte Analysen haben nach der letztbezeichneten Methode 2,89 und nach der *Frankland*'schen Methode nur 2,73 Chlor ergeben.

Während der 4 Jahre fortgesetzten Versuche haben wir als Durchschnittsgehalt an Chlor im Regenwasser 1,75 Theile auf eine Million Wassertheile constatirt. Die einem acre Land im Laufe eines Jahres zugeführte Quantität Chlor würde sich danach auf 13,42 engl. Pfunde beziffern, was etwa 22,12 engl. Pfunden von gewöhnlichem Salze entsprechen würde. Die monatlichen Schwankungen können sehr beträchtlich sein. So haben wir im Juli 1880 nur 0,10 auf 1 Million gefunden und im November 1879 : 9,38. Dies ist aber auch der größte Gehalt, den wir je zu beobachten Gelegenheit hatten.

Wenn man die Analysen in einer Weise nebeneinanderstellt, daß der Einfluß der Höhe des Wasserfalls, sowie der der Jahreszeit zu Tage tritt, so gelangen wir zu folgenden Resultaten:

Monatlicher Regenfall	Sommer	Winter	Im ganzen Jahr
unter 1 Zoll	3,87	5,00	4,67
zwischen 1 und 2 Zoll	1,81	3,09	2,51
» 2 » 3 »	1,46	2,75	2,17
» 3 » 4 »	0,90	1,77	1,24
» 4 » 5 »	0,86	1,83	1,05
über 5 Zoll	0,68	2,48	1,28

Die vorstehenden Zahlen beweisen zweierlei: zunächst sieht man daß der Gehalt an Chlor sich verringert in gleichem Maße, wie die Regenhöhe zunimmt und ferner, daß im Winter sich regelmäßig eine größere Quantität Chlor ergiebt als im Sommer. Wie wir bereits gesagt haben, enthält das im Laufe eines Jahres gefallene Regenwasser 1,75 Theile Chlor. Machen wir die Rechnung getrennt für Sommer und Winter, so kommt auf ersteren 1,06 auf letzteren 2,70, also mehr als das doppelte. Dieser beständige und verhältnißmäßig große Unterschied tritt in den Arbeiten *Frankland*'s nicht hervor, da die von ihm gewählten Proben für diese Art vergleichender Untersuchungen nicht geeignet waren. Als Ursache dieser

Differenz zwischen Sommer und Winter läßt sich der im Winter heftigere Wind bezeichnen. Da zu dieser Jahreszeit ein größerer Consum von Kohle stattfindet, so führen jene stärkeren Luftströmungen auch größere Mengen Chlor mit sich.

Als Schluß unserer Abhandlung bleibt uns jetzt nur noch übrig, einige von anderen Forschern erlangte Resultate in Betracht zu ziehen.

In der Arbeit von *Angus Smith* «die Luft und der Regen, die Anfänge einer chemischen Climatologie, 1872» finden wir außerordentlich interessante Daten über die aus der Unreinheit der Atmosphäre herrührenden Schwankungen. In dieser Arbeit legt uns der Autor eine Anzahl von Analysen vor, welche in verschiedensten Gegenden des Vereinigten Königreichs gesammeltes Regenwasser betreffen. Wir geben hier von denselben die folgenden Beispiele:

District	Stickstoff in Form von		Chlor	Schwefelsäure
	Ammoniak	Salpetersäure		
England, Landorte im Innern . . .	0,88	0,19	3,88	5,52
» Städte	4,25	0,22	8,46	34,27
Schottland, an der See gelegene Landorte	0,61	0,11	12,24	5,64
Schottland, Landorte im Innern . .	0,44	0,08	3,28	2,06
» Städte	3,15	0,30	5,70	16,50
» Glasgow	7,49	0,63	8,72	70,19

Die Quantitäten Ammoniak und Salpetersäure, welche der auf dem Lande gefallene Regen enthält, sind den zu Rothamsted ermittelten vergleichbar. In den Städten dagegen führt der Regen viel beträchtlichere Mengen mit sich, auch nimmt da der Gehalt an Chlor und Schwefelsäure zu. Die Chloride sind besonders in der Nähe der Küsten stark vertreten und *Smith* hat bis 47,35 Theile Chlor auf eine Million Wassertheile gefunden und zwar in Valentia an der Westküste Irlands.

Bisher sind wenig Arbeiten geliefert worden, welche den Gehalt an Chlor zur Bestimmung brachten, der im Laufe eines Jahres dem Boden vom Regen zugeführt wird; eine längere Reihe von Beobachtungen hierüber wurde von der königlichen Gesellschaft für Ackerbau zu Cirencester angestellt. Dieselben wurden 1870 von *Church* begonnen und später von *Prévost* fortgesetzt. Einige von den Genannten erzielte Resultate geben wir hier wieder: Der Regen von Oktober bis März zeigte im Laufe von zehn Jahren eine Mittelhöhe von 16,801 Zoll und enthielt im Durchschnitt 5,11 Theile Chlor auf eine Million Wassertheile. Von April bis September kamen, bei einer Regenhöhe von 16,770 Zoll, im Durchschnitt 3,46 Theile Chlor auf eine Million Wassertheile. Für das ganze Jahr haben wir eine Mittelhöhe von 33,571 Zoll mit 4,28 Theilen Chlor, was, verglichen mit gewöhnlichem Salz, einem Quantum von 53,66 engl. Pfunden per acre gleichkommen würde. Es besteht also im Sommer ein geringerer Chlorgehalt als im Winter, und tritt der Unterschied besonders in einem der Jahre, in denen man die betreffenden Versuche gemacht hatte, stark hervor. Cirencester liegt ungefähr 35 Meilen vom Canal von Bristol entfernt, und erklärt sich hieraus der daselbst beobachtete größere Chlorgehalt gegenüber Rothamsted.

Die dem Boden vom Regen zugeführten Quantitäten Ammoniak und Salpetersäure sind in verschiedenen Stationen zur Bestimmung gelangt. In nachstehender Tafel folgen einige der erhaltenen Resultate.

Station	Regen-Höhe	Stickstoff auf 1 Million in Form von		Gesammt-Stickstoff per acre
		Ammoniak	Salpetersäure	
	Zoll			engl. Pfd.
Kuschen 1864—65	11,85	0,54	0,16	1,86
» 1865—66	17,70	0,44	0,16	2,50
Insterburg 1864—65	27,55	0,55	0,30	5,49
» 1865—66	23,79	0,76	0,49	6,81
Dahme 1865	17,09	1,42	0,30	6,66
Regenwalde 1864—65	23,48	2,03	0,80	15,09
» 1865—66	19,31	1,88	0,48	10,38
» 1866—67	25,37	2,28	0,56	16,44
Ida-Marienhütte, Mittel von 6 Jahren, 1865—70	22,65	—	—	9,92
Proskau 1864—65	17,81	3,21	1,73	20,91
Florenz 1870	36,55	1,17	0,44	13,36
» 1871	42,48	0,81	0,22	9,89
» 1872	50,82	0,82	0,26	12,51
Vallombrosa 1872	79,83	0,42	0,15	10,38
Montsouris, Paris, 1877—78	23,62	1,91	0,24	11,54
» 1878—79	25,79	1,20	0,70	11,16
» 1879—80	15,70	1,36	1,60	10,52
Mittel von 22 Jahren	27,03			10,23

Einige dieser Analysen haben verhältnißmäßig sehr beträchtliche Quantitäten Salpetersäure ergeben, welche aber, wie die Versuche von Montsouris zeigen, großen Schwankungen unterliegen.

Als Hauptresultat geht aus den gemachten Untersuchungen hervor, daß der Regen bei einer Mittelhöhe von 27,03 Zoll dem Boden jährlich 10,23 engl. Pfunde Stickstoff in verschiedener Form zuführt. Was die bedeutenden Abweichungen zwischen den einzelnen Analysen anlangt, so sind dieselben schwer zu erklären. Als eine Ursache könnte man die Nähe großer Städte anführen, wenn nicht in Montsouris, also geradezu an den Thoren von Paris, der gefundene Stickstoff das Gesammtmittel nur wenig überstiegen hätte.

Liebig legt in seinen Schriften ein sehr großes Gewicht auf diesen natürlichen Zufluß von Stickstoff und in seinem Werke «die Naturgesetze des Feldbaues» erschienen im Jahre 1863, schätzte er denselben auf ungefähr 24 engl. Pfunde per acre und Jahr. Die von *Boussingault* in Liebfrauenberg gemachten Untersuchungen, wie auch die unsrigen in Rothamsted angestellten, zeigen aber, daß der dem Boden vom Regen zugeführte Stickstoff fast nie ein Drittel der von *Liebig* gegebenen Zahl übersteigt, und nach den letzten Versuchen von Rothamsted scheint es fast, als ob auch dies noch die Wirklichkeit überschreite.

Uebersetzt von *Robert Wollny.*

A. Müntz und ***E. Aubin.*** **Ueber den Kohlensäuregehalt der Luft.** Comptes rendus. T. XCII. pag. 247 u. 1229. (Chemisches Centralblatt 1881. Nr. 14. S. 215 u. Naturforscher 1881. Nr. 29. S. 275.)

In den Ansichten, welche über den Einfluß der Windrichtung, des Regens und der Höhe über dem Erdboden auf den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre kürzlich von *Reiset*[1]), *Marié-Davy*[2]) und *Truchot* ausgesprochen worden sind, finden sich verschiedene Widersprüche, welche es nahe legen, diesen Gegenstand noch fortgesetzter Erörterung zu unterziehen. Namentlich sind hierbei 2 Fragen zu erledigen: 1. Sind die Veränderungen des Kohlensäuregehaltes der Luft an einem bestimmten Ort erheblich, oder nur unbedeutend? 2. Ist die Kohlensäure in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre gleichmäßig verbreitet, oder sind die unteren Luftschichten reicher daran?

Die Verff. wollen einen Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen liefern. Das Princip der von ihnen angewendeten Methode ist folgendes: Die Kohlensäure wird durch einen absorbirenden Körper fixirt, aus demselben wieder ausgeschieden und dem Volumen nach gemessen. Als absorbirenden Körper benutzen sie Bimsstein, der mit Kalilauge getränkt und in einer, an beiden Seiten ausgezogenen Glasröhre enthalten ist. Der Bimsstein ist vorher mit Schwefelsäure geglüht. Jede Röhre wird mit einem abgemessenen Volum Kalilauge beschickt; diese selbst wird durch Auflösen von 1 kg Kali in 1,4 l Wasser bereitet, mit 200 g Barythydrat versetzt und von Zeit zu Zeit geschüttelt; die von den abgeschiedenen Sulfaten und Carbonaten abgegossene klare Flüssigkeit besitzt ein großes Absorptionsvermögen für Kohlensäure. Sie enthält indessen immer noch Spuren von Kohlensäure, weshalb man eine Correctur anzubringen hat, die für eine zusammengehörige Reihe von Röhren immer die gleiche ist und ein- für allemal bestimmt werden kann. Die Röhren werden vorher vollständig präparirt und an ihren ausgezogenen Enden durch Zuschmelzen geschlossen. Das Oeffnen erfolgt unmittelbar vor der Ausführung des Versuchs an dem betreffenden Orte und nach der Vollendung desselben werden sie von Neuem zugeschmolzen; so lassen sie sich bequem beliebig lange aufbewahren. Die Luft wird bei jedem Versuch etwa in einer Menge von 200 l entweder mittelst eines Gasometers, oder einer besonders zu diesem Zweck construirten Saugpumpe gemessen und hindurchgesaugt. Soll die Kohlensäure bestimmt werden, so werden die Röhren an einem Ende geöffnet und durch eine Quecksilberluftpumpe vollständig evacuirt. Hierauf läßt man zu dem anderen Ende verdünnte Schwefelsäure eintreten, extrahirt die entwickelte Kohlensäure mittelst der Pumpe und sammelt sie in einer graduirten Röhre auf, wo man sie durch Absorption mittelst Kalilauge bestimmt. Zur Prüfung dieses Verfahrens wurden verschiedene Versuche ausgeführt: 1. Mehrere 100 l Luft konnten durch die Röhre geleitet werden, ohne daß dieselben beim Austritt Barytwasser in irgend wahrnehmbarer Weise trübten. 2. Indem man zwei Röhren hintereinander aufstellte, so daß die Luft zuerst die eine und dann die andere passiren mußte, fand man in der letzten keine Spur von Kohlensäure. 3. Gleichzeitige Bestimmungen ergaben immer dasselbe Resultat. 4. Die aufgefundene Kohlensäure ist proportional dem Luftvolumen. 5. Ließ man bei verschiedenen Proben die Luft mit verschiedenen Geschwindigkeiten durch die Röhren streichen, so erhielt man doch immer dasselbe Resultat. 6. Nach Beimengung einer bekannten Menge von Kohlensäure

---

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. II. S. 526.
[2]) Ibid. Bd. III. S. 315. Vergl. ferner: Bd. II. S. 527. Bd. III. S. 507 u. 508.

zu der Luft, die vorher von Kohlensäure völlig befreit war, erhielt man die gegebene Kohlensäuremenge wieder.

Hiernach bietet diese Bestimmungsmethode große Garantieen der Sicherheit dar und ist im Uebrigen auch sehr leicht auszuführen, weil das Durchsaugen von 200 l Luft in weniger als einer Stunde bewirkt werden kann und keine besondere Geschicklichkeit in der Handhabung von Apparaten verlangt wird.

Nach dieser Methode sind nun an 2 Stationen Kohlensäuremessungen gemacht worden, die eine war in Paris 6 m über dem Boden und geschützt gegen den direkten Einfluß der benachbarten Oefen; die zweite auf dem Lande, in der Nähe der Farm des landwirthschaftlichen Institutes, 4 m über dem Boden. In Paris ist von Ende December bis gegen Ende Mai eine große Anzahl von Kohlensäurebestimmungen ausgeführt und haben beträchtliche Verschiedenheiten des CO_2-Gehaltes ergeben; er schwankte zwischen 2,88 und 4,22 Volum in 10000 Volum Luft. Ein näheres Eingehen auf diese Beobachtungen zeigte, daß die Maxima stets einen bedeckten Himmel und ruhigem Wetter entsprachen; während die Minima mit einer reinen bewegten Luft zusammenfielen. Die bei bedecktem Himmel gefundenen CO_2-Mengen lagen zwischen 3,22 und 4,22 pro 10000, während die bei klarem Wetter gefundenen zwischen 2,89 und 3,1 lagen; die größten Mengen sind beobachtet worden bei reichlich fallendem Schnee oder während dichten Nebels. Die auf der zweiten Feldstation bisher gefundenen Werthe bestätigen die Angaben *Reiset*'s; während des Tages lagen die Mengen zwischen 2,70 und 2,99 Volum auf 10000 Volum Luft, das Mittel war also 2,88, in der Nacht stieg dieses Mittel auf 3,00. Welche Schwankungen die Kohlensäure an einem Tage durchmachen kann, zeigen folgende Zahlen:

Kohlensäuregehalt in 10000 Theilen Luft am 1. April

um 9 h. a. m. klarer Himmel, bewegte Luft	2,73
„ 1 h. 30 m. p. m. bedeckter Himmel	2,93
„ 4 h. p. m. sehr bedeckt, beginnender Regen . .	2,99.

E. W.

***J. von Fodor.* Die Kohlensäure der Atmosphäre.** Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser. Von *J. von Fodor.* I. Abthlg. Braunschweig 1881. Vieweg u. Sohn.

Die mittlere Menge der atmosphärischen Kohlensäure betrug auf der Versuchsstation des Verf. in Budapest im Durchschnitt von ca. 1200 Luftanalysen in den Jahren 1877—1879 = 0,3886 Volum pro mille (1877: 0,4135; 1878: 0,3735; 1879: 0,3788).

Der höhere Werth des Jahres 1877 war theilweise dadurch bedingt, daß in diesem Jahre gewöhnlich bedeutend weniger Luft durch das Barytwasser aspirirt wurde, als in den folgenden Jahren. Dies in Betracht gezogen, kann gesagt werden, daß die atmosphärische Kohlensäure an ein- und demselben Orte von Jahr zu Jahr ein überraschendes Gleichgewicht einhält. Während der drei Versuchsjahre zeigten die Kohlensäuremittel in den einzelnen Monaten mehrfache Schwankungen, welche indessen keine Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen. Verf. zieht allerdings aus den gewonnenen Zahlen den Schluß, daß die Kohlensäuremenge im Winter am geringsten sei, im Frühling steige, zur Sommermitte falle und den höchsten Stand im Herbst erreiche; allein die Zahlen bei vorurtheilsfreier Betrachtung zeigen Nichts von Alledem.

Weit beträchtlicher als die jährlichen und monatlichen Schwankungen der Kohlensäure erwiesen sich die täglichen. In den Versuchen des Verf. hält die Schwankungsweite der Kohlensäure die Mitte unter den bis dahin angestellten Beobachtungen anderer Forscher ein. Selten erhob sie sich über 0,500, nur ausnahmsweise bis 0,600. Es wurden jedoch am 29. Juli 1877 0,737 pro mille notirt. Nach unten sank die Kohlensäure selten unter 0,300; sie war im Juni 1878 vorzüglich niedrig, zu welcher Zeit ein Stand unter 0,300 häufiger vorkam, z. B am 10. mit 0,233 pro mille.

Es zeigte sich ferner, daß die täglichen Schwankungen der Kohlensäure im Verlaufe des ganzen Jahres keine gleichmäßigen sind. — Es fällt auf, daß sich die Kohlensäure, kürzere oder längere Zeit hindurch auf ziemlich constanter Höhe erhält, dann weist sie plötzlich eine bedeutendere Schwankung auf, um nach Ablauf dieses bedeutenderen Wogens wieder constant zu werden. Diese beträchtlichen Tagesschwankungen ereignen sich besonders im Herbst, sowie zu Ende des Frühjahrs und anfangs Sommer. Dem gegenüber fällt die Constanz der Kohlensäure im Winter und zu Beginn des Frühjahrs auf.

Auch das kann der Aufmerksamkeit nicht entgehen, daß dieses Wogen in den einzelnen Jahren nicht übereinstimmt; im einen, z. B. 1877, ist es um vieles bedeutender, im anderen, z. B. 1879 überhaupt schwächer.

Bezüglich der Kohlensäuremenge am Tage und in der Nacht fand Verf. Folgendes: Im März und April, sowie im September, Oktober und November 1877 hatte er die Tages- und Nachts-Kohlensäure abgesondert bestimmt. Die Luft wurde zu diesem Zwecke einmal vom Morgen bis zum Abend, dann vom Abend bis zum Morgen durch besonderes Kalkwasser geleitet. Das Resultat war folgendes:

Das Mittel der Tagesanalysen war zu jener Zeit 0,418, das Nachtmittel 0,426; es ist also des Nachts mehr Kohlensäure in der Atmosphäre enthalten, als am Tage.

Sehr lehrreich ist die besondere Zusammenstellung der Tages- und der Nachtmenge der Kohlensäure nach den einzelnen Monaten. Das Monatsmittel war:

	Tagesluft	Nachtluft
im März	0,456	0,444
» April	0,413	0,374
» September	0,402	0,474
» Oktober	0,407	0,425
» November	0,415	0,413.

Die Kohlensäure ist also nicht immer des Nachts mehr als am Tage. In sehr bedeutendem Maße ist sie es im Herbst, während im Frühling die Nachtluft weniger Kohlensäure enthält, als die Tagesluft.

Hinsichtlich der täglichen Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre zeigten die vom Verf. vom 7.—20. Mai 1878 ausgeführten Beobachtungen, daß die Kohlensäure während des Tages ziemlich beständig ist, am Abend jedoch eine bedeutende Vermehrung erleidet. Die Erhöhung ist so beträchtlich, daß sie das Verhältniß, in dem die Nachtkohlensäure höher steht als die Tageskohlensäure, noch um vieles übertrifft. Mit Recht kann also gefolgert werden, daß die nächtliche Kohlensäurezunahme hauptsächlich durch den Kohlensäurereichthum der Abendstunden zu Stande kommt.

Verf. suchte dann die Ursachen der Schwankungen in der Kohlensäure der Atmosphäre näher zu ergründen. Es zeigte sich zunächst, daß der Regen einen nicht unbeträchtlichen Einfluß in dieser Richtung ausübt. Verf. entnahm den 3jährigen Beobachtungen die Kohlensäuredaten der Regentage und der vorhergehenden Tage und berechnete daraus die folgenden Mittelwerthe:

	Tag vor dem Regen	Regentag
1877	0,461	0,415
1878	0,386	0,353
1879	0,368	0,360.

Der Regen vermindert sonach ganz entschieden die Kohlensäure der Atmosphäre.

Ferner verglich er 53 solche Tage, an denen nach vorhergegangenem trockenem Wetter Regen gefallen war, mit je 3 also zusammen 159 darauffolgenden Tagen, und zwar in den Winter- und Sommermonaten (November bis April, resp. Mai bis Oktober) gesondert. Es ergab sich im Durchschnitt der folgende Kohlensäuregehalt der Luft:

	Regentage	Durchschnitt von 3 Tagen nach dem Regen
im Winter	0,378	0,368
» Sommer	0,368	0,390.

Nach der Betrachtung dieser Mittelwerthe kann nicht bezweifelt werden, daß die Verminderung der Kohlensäure nach dem Regen im Winter eine andauernde ist, im Sommer folgt ihr jedoch alsbald eine bedeutendere Kohlensäurevermehrung.

Den Einfluß des Schneefalles betreffend, ergab sich, daß an Schneetagen sich eine faktische, wenn auch geringe Zunahme von Kohlensäure bemerkbar machte. Der Nebel zeigte sich ohne Einfluß. Während des Frostes war die Kohlensäure vermehrt, während des Aufthauens aber vermindert. Verf. erhielt in Bezug hierauf, indem er zuerst jene Tage zusammenstellte, an denen der Frost begann, dann diejenigen, welche dem Frost vorausgegangen waren, und diejenigen, an welchen Thauwetter eintrat, folgende Mittelwerthe:

Kohlensäure der Tage vor dem Froste	0,354
» » » welche Frost einleiten	0,371
» » » bei Thauwetter	0,369.

«Die natürlichste Erklärung dessen, daß die Kohlensäure durch den Frost vermehrt wird, kann darin gesucht werden, daß der Frost aus den Gewässern die Gase, somit auch die Kohlensäure austreibt. Ein auf derselben Grundlage fortgesetztes Raisonnement wird auch zur Ursache der Kohlensäureabnahme zu Beginn des Thauwetters führen. Das seiner Gase beraubte Wasser wird beim Aufthauen aus der über ihm lagernden Luftschicht die Gase, darunter auch die Kohlensäure begierig absorbiren.»

Um den Einfluß der Luftdruckschwankungen auf den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre festzustellen, hat Verf. die Schwankungen des Barometers mit denen der Kohlensäure verglichen. Das Resultat fiel negativ aus. Die Kohlensäure war beim Steigen und Fallen des Luftdruckes ziemlich dieselbe, nämlich 0,395 und 0,387. Es schien wahrscheinlich, daß in diesen Zahlen unter dem Einfluß eigen-

thümlicher Naturkräfte ein Werth den anderen deckt, und dadurch das Ergebniß verschwommen macht; deshalb hat Verf. das Verhalten der Kohlensäure während verschiedener Luftdruckschwankungen zur kalten und zur warmen Jahreszeit gesondert untersucht.

Es ergab sich, daß in der kalten Jahreszeit die Kohlensäure sich vermehrt, wenn der Luftdruck steigt und vice versa; in der warmen Jahreszeit hingegen geht mit der Erhöhung des Luftdruckes ein Sinken der Kohlensäure und mit der Abnahme des Luftdruckes eine Zunahme der Kohlensäuremenge einher. Es ist dies aus folgenden Mittelwerthen ersichtlich:

	Winter (1877—79)	Sommer (1877—79)
Luftdruckerhöhung	0,410	0,380
Luftdruckfall	0,378	0,395.

Inwieweit die Winde auf die Kohlensäuremenge der Luft einwirken, geht aus folgenden Mittheilungen des Verf. hervor:

	Jahresmittel	Mittel der windigen Tage
1877—1878	0,3935	0,3891
1879	0,3788	0,3656.

An windigen Tagen ist also der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre etwas geringer als bei Windstille.

Des Weiteren hat Verf. den Einfluß der Winde auf die Kohlensäure im Winter und im Sommer besonders untersucht und gefunden, daß die Winde im Winter kohlensäurereicher sind als im Sommer; im Winter war nämlich das Mittel für windige Tage 0,389, im Sommer bloß 0,378.

Verf. prüfte ferner, ob wohl die zwei Hauptluftströme, der Passat und der Antipassat, hinsichtlich der Kohlensäure einen Unterschied aufweisen. Es zeigte sich im Mittel (1877—1879): bei

N. NE. E. Richtung	S. SW. W. Richtung
0,376	0,390.

Der aus südlichen Gegenden eintreffende Wind ist also um ein Gutes reicher an Kohlensäure, als der von Norden kommende, trotzdem bei ersterem der Umstand, daß er über den Meeresspiegel zu uns kommt und auch bei uns gewöhnlich Regen bringt, seine Kohlensäure noch herabmindert — während im Gegentheil der Umstand, daß er vom Festlande und aus frostigen Gefilden kommt, den Kohlensäuregehalt des Passatwindes noch vermehrt. Feuchtigkeit und Meeresfläche, andererseits Frost und Festland, waren also nicht im Stande, den charakteristischen Unterschied zwischen Passat und Antipassat zu verwischen, obwohl jene Faktoren die Kohlensäuredifferenz der zwei Windrichtungen gewiß bedeutend herabgedrückt haben. Ohne diese conträren Einflüsse wäre der Unterschied zu einem viel auffälligeren größeren angewachsen. Dafür spricht folgende Zusammenstellung, in der die verschiedenen Windrichtungen im Winter und Sommer gesondert angeführt sind.

	Winter		Sommer	
	N. NE. E.	S. SW. W.	N. NE. E.	S. SW. W.
Mittel (1877—79)	0,384	0,394	0,369	0,387.

Diese Daten beweisen noch bestimmter, daß der Antipassat überhaupt kohlensäurereicher ist als der vom Norden kommende Passat und speziell, daß die Wirkung des Antipassats vorzüglich im Sommer bemerkbar ist, während sie im Winter durch den Einfluß des Frostes theilweise verwischt wird.

Schließlich kommt Verf. auf die Rolle des Bodens bei der Schwankung der atmosphärischen Kohlensäure zu sprechen. Bereits im Jahre 1875 hatte er gelegentlich seiner in Klausenburg angestellten Bodenluftuntersuchungen die Behauptung aufgestellt, daß die Atmosphäre ihre Kohlensäure in erster Linie aus dem Boden erhalte. «Dieser ist es, welcher in einem Falle die Abnahme der Kohlensäure bedingt, er ist es, der im anderen Falle die Zunahme erzeugt.»

Von der Betrachtung ausgehend, daß, wenn der Boden wirklich einen Einfluß auf die Kohlensäure der Atmosphäre ausübt, dieser Einfluß in jener Luftschicht am augenscheinlichsten hervortreten müsse, welche dem Bodenniveau am nächsten liegt, hat Verf. die Kohlensäure unmittelbar an der Bodenoberfläche in Untersuchung gezogen und sie mit der Kohlensäure erhöhterer Luftschichten verglichen. Folgende Zusammenstellung weist die erhaltenen Resultate nach:

	1877		1878		1879	
	Bodenniveau[1]	Höhe[2]	Bodenniveau[1]	Höhe[2]	Bodenniveau[1]	Höhe[2]
Januar	0,478	—	0,303	0,372	0,332	0,371
Februar	0,425	—	0,337	0,364	0,279	0,366
März	0,229	0,450	0,369	0,356	0,248	—
April	0,155	0,398	0,385	0,334	—	—
Mai	0,462	0,413	0,522	0,388	0,394	0,347
Juni	0,584	0,468	0,377	0,340	0,418	0,353
Juli	0,412	0,411	0,423	0,352	0,393	0,357
August	0,474	0,412	0,669	0,387	0,456	0,368
September	0,675	0,424	0,545	0,405	0,432	0,390
Oktober	0,566	0,416	0,443	0,415	0,380	0,376
November	0,502	0,414	0,391	0,382	—	—
December	0,315	0,379	—	0,384	—	—

Diese Zahlen zeigen, daß die Kohlensäure am Bodenniveau den größten Theil des Jahres hindurch den Gehalt der höheren Luftschichten beträchtlich überragt, ferner, daß dieselbe in den verschiedenen Jahreszeiten, Monaten, an der Oberfläche des Bodens noch viel bedeutender schwankt, als in höheren Luftschichten; besonders aber zeigen sie, daß in jener Schichte, sowohl die Zu- als auch die Abnahme der Kohlensäure den Schwankungen der höheren Luftschichten vorangeht. Schon hieraus kann gefolgert werden, daß die Kohlensäuren der beiden Luftschichten im abhängigen Verhältniß zu einander stehen, und zwar in der Weise, daß die Bodenniveauschichte den Kohlensäuregehalt der höheren Schichten regulirt und bedingt.

In Bezug auf letzteren Punkt weist Verf. auf die Thatsache hin, daß der feuchte Boden im hohen Grade die Fähigkeit besitzt, Kohlensäure zu absorbiren; hieraus erklärt sich die Beobachtung, daß die Bodenniveauschicht an gewissen

[1]) 0,5—1 cm; [2]) 2,5 m über der Bodenoberfläche.



Tagen und zu gewissen Zeiten ärmer an Kohlensäure ist, als die höhere Atmosphäre; es ist das der Fall an Regentagen, besonders aber zu denjenigen Jahreszeiten, wo der Boden oberflächlich stark durchfeuchtet ist (Ende Winter, Anfang Frühling). Die Abnahme der Kohlensäuremenge in der Bodenniveauluft nach einem starken Regen ist auch immer größer, als in der Höhe, wie z. B. folgende Zahlen darthun:

	Bodenniveau			Höhe		
	v. d. Regen	n. d. Regen	Differenz	v. d. Regen	n. d. Regen	Differenz
Mittel (1877—79)	0,562	0,474	0,088	0,405	0,376	0,029

Zur Regenzeit wird demnach die Absorption der Kohlensäure nicht so sehr in der Atmosphäre als an der Oberfläche des durchnäßten Bodens vor sich gehen.

Daß die höheren Luftschichten ihre Kohlensäure aus den tieferen erhalten, ergiebt sich aus dem Umstande, daß in dem Maße, als die Kohlensäure der Bodenniveauluft zu steigen anfängt, dies auch in der Höhenluft geschieht, und wie die erstere wieder zurücksinkt, nimmt die Kohlensäure auch in der Höhe ab. Die größten Schwankungen verlaufen in beiden Luftschichten mit einander parallel immer jedoch so, daß der Kohlensäuregehalt in der Bodenniveauluft größer ist, als in der höheren Luftschichte und daß die Zu- und Abnahme am Bodenniveau meistens um etwas früher eintritt als an der höheren Stelle. Es unterliegt nach alledem keinem Zweifel, daß die höheren Luftschichten aus der Bodenniveauluft Kohlensäure erhalten, daß also die Kohlensäureschwankungen in ihnen von dem Kohlensäuregehalt der tieferen Luftschichten abhängig sind.

Woher und auf welche Weise kommt die Bodenniveauluft zu dieser Kohlensäure?

Die Zersetzungsprocesse der organischen Substanzen an der Oberfläche des Bodens werden zwar einen Theil der Kohlensäure liefern, aber sie sind jedenfalls nicht die einzige Ursache des Kohlensäurereichthums der Bodenniveauluft, da die Verwesung an der Bodenoberfläche keinen so fortwährenden und beträchtlichen Schwankungen ausgesetzt ist, daß hierdurch die bedeutenden, innerhalb kurzer Zeiträume sich bemerkbar machenden Aenderungen in dem Kohlensäuregehalt der tieferen Luftschichten erklärt werden könnten. Außerdem würden einer solchen Erklärung auch noch viele andere Umstände widersprechen. So z. B. die Erfahrung, daß die Kohlensäure der Bodenniveauluft auch im Winter bei gefrorener Oberfläche plötzlich emporspringt. Ferner widerspricht auch die Beobachtung, daß das Uebergewicht an Kohlensäure am Bodenniveau nicht im Frühjahr oder Sommer am bedeutendsten ist, wo doch die Bodenoberfläche am reichlichsten Feuchtigkeit und Wärme erhält, sondern gegen Ende Sommer und im Herbst.

Verf. ist der Ansicht, daß die Bodenniveauluft den Ueberschuß an Kohlensäure aus dem Innern des Bodens, aus der Grundluft erhalte. Er schließt dies aus dem Umstande, daß die Schwankungen dieser beiden aneinander nahe gelegenen Luftschichten voneinander abhängig sind, sowie ferner daraus, daß die Bodenniveauluft dann die meiste Kohlensäure zeigt, wenn die Grundluft am meisten fähig und geneigt ist sich auf die Bodenoberfläche zu erheben. Der Austritt der Kohlensäure aus dem Boden in die Atmosphäre erfolgt



nicht einfach durch Diffusion, denn sonst müßte hier die Zunahme an Kohlensäure eine gleichmäßige, eine constante sein und es dürfte höchstens auf die Einwirkung des Regens und Windes eine merkliche Veränderung eintreten. Die Sache verhält sich aber nicht so. In der Luft am Bodenniveau schwankt der Kohlensäuregehalt ununterbrochen, insbesondere steigt er zuweilen beträchtlich an, bald sinkt er, manchmal noch am selben Tage oder in der nächstfolgenden Nacht auf den Gehalt der Höhenluft herab. «Die zu gewissen Zeiten besonders stark hervortretende Erhöhung und Abnahme der Bodenniveau-Kohlensäure läßt die Folgerung auf eine wogende Grundluftströmung gewiß viel eher zu, als auf eine fortwährende gleichmäßige Diffusion.

Die Grundluft wirkt also auf die am Boden ruhende Luftschicht nicht bloß auf die Weise, daß sie beständig empor diffundirt, sondern auch dadurch, daß sie zeitweise (besonders im Herbst) in stärkerem Strome, in größerer Menge hervortritt. Alles was das Absorptionsvermögen des Bodens für Kohlensäure erhöht, wird daher zu einer Verminderung der Kohlensäure in der Atmosphäre führen und vice versa. Bei niedriger Temperatur und hohem Wassergehalt des Bodens wird beispielsweise die Atmosphäre nur wenig Kohlensäure aus dem Boden erhalten können (Frühjahr). Ist der Boden warm und wird durch Regen befeuchtet, so nimmt die Kohlensäureentwickelung im Boden zu und damit der Gehalt der Atmosphäre an diesem Gase. Es erklärt sich hieraus die Thatsache, daß die atmosphärische Kohlensäure besonders im Sommer nach dem Regen zunimmt. Ist der Boden trocken, so kann die Kohlensäure leichter an die Oberfläche treten, als im feuchten Zustande und die Winde, Barometerschwankungen und die durch Temperaturunterschiede hervorgerufenen Grundluftströmungen können dann leichter ihren Einfluß auf das Austreten der Kohlensäure aus dem Boden geltend machen. Solche Bewegungen der Grundluft treten dann ein, wenn die Grundluft wärmer und in Folge dessen leichter ist, als die Atmosphäre. Daher wird die freie Luft Abends und Nachts aus der Grundluft mehr Kohlensäure zugeführt erhalten, als am Tage .... Mit einem Worte: «Die atmosphärische Kohlensäure und ihre Schwankungen sind in erster Reihe ein Product des Bodens und der in ihm verlaufenden Zersetzungsprocesse.»

Anmerkung des Referenten: Wenn nach des Verf. und den Beobachtungen anderer Forscher kein Zweifel dagegen erhoben werden kann, daß die Grundluft und mit derselben die Kohlensäure unter gewissen Umständen in größeren Mengen in die Atmosphäre tritt und daß unter den Bedingungen, unter welchen Verf. operirte, sich in den Schwankungen der Kohlensäure der Bodenniveauluft eine Uebereinstimmung mit denjenigen der höheren Luftschichten gezeigt hat, so ist damit ein vollgiltiger Beweis für den vom Verf. zuletzt aufgestellten Satz noch keineswegs geliefert. Gegen den letzteren spricht zunächst die Thatsache, daß die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre durchschnittlich verhältnißmäßig sehr gering sind, während diejenigen der Bodenluft außerordentlich groß sind, ferner, daß im Sommer bekanntlich die Bodenluft am reichsten an Kohlensäure ist, während nach des Verf. Untersuchungen grade zu dieser Jahreszeit der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre in der Mehrzahl der Fälle geringer ist als im Herbst und auch im Frühjahr.

Abgesehen hiervon, erklären sich die mehrfach hervorgetretenen Beziehungen

der Bodenniveauluft zu den höheren Luftschichten aus der Versuchsanordnung. Verf. stellte seine Beobachtungen auf Grundstücken an, welche rings von Gebäuden umgeben und daher vor den Winden mehr oder weniger geschützt waren. Unter solchen Umständen konnte der Boden seinen Einfluß auf die Zusammensetzung der darüber gelagerten Luftschichten leichter geltend machen, als in der freien Natur, wo selbst verhältnißmäßig geringe Luftströmungen eine Vermischung der verschiedenen Schichten in einer Weise herbeiführen, daß die durch die Lokalität hervorgerufenen Veränderungen dadurch fast vollständig beseitigt werden. Auf dem nach allen Seiten frei gelegenen Versuchsfelde in München ist es dem Referenten nicht gelungen, in der dem Boden zunächst gelegenen Luftschichte in 20 cm Höhe, einen höheren Kohlensäuregehalt nachzuweisen, als in 2 m Höhe. Der Einfluß der Lokalität auf die Zusammensetzung der Luft ließ sich immer nur an vollständig windfreien Tagen erkennen. *E. W.*

J. B. Lawes. **Ueber das Gleichgewicht zwischen Bildung und Zersetzung der Kohlensäure.** Philosophical Magazine Ser. 5. Vol. XI. March. 1881. p. 206. «Der Naturforscher» 1881. No 16, und *Biedermann*'s Centralblatt für Agrikulturchemie. 1881. Decbr. S. 851.

Die Statik der in der Natur vorkommenden Kohlensäure hat der Verf. in folgender Weise erörtert:

Die Quellen des Kohlenstoffs, der als Kohlensäure an die Atmosphäre abgegeben wird, sind: 1) die Verbrennung der Kohle, 2) die eingeführten Producte (lebende Thiere, Fleisch, Zucker, Kartoffeln, Talg, Petroleum etc.), 3) die Producte des eigenen Bodens. Den Kohlenstoff, der als Kohlensäure pro acre und Jahr in Großbritannien ausgegeben wird, schätzt Verfasser von der verbrannten Kohle auf 3942 Pfund, von eingeführten Producten auf 300 Pfund, von einheimischen Producten auf 1275 Pfund, im Ganzen auf 5517 Pfund.

Nach den neuesten Schätzungen findet man, daß die Menge des Kohlenstoffs, der als Kohlensäure über einem acre des Bodens ruht, etwa 14000 Pfund gleich ist. Die aus den angeführten Quellen abgegebene Menge würde daher in drei Jahren die Kohlensäure in unserer Atmosphäre mehr als verdoppeln, wenn keine Kompensirung stattfände.

In Betreff der Kohle und der eingeführten Producte ist nur sehr wenig Kompensirung möglich, aber bei den Producten, die auf dem eigenen Boden wachsen, geht ein continuirlicher Austausch vor sich zwischen der Atmosphäre und der Pflanze, und die Frage ist nur, nach welcher Seite die Wage ausschlägt. Verf. glaubt nach genauer Erörterung der einschlagenden Verhältnisse, daß im Allgemeinen aus den Bodenproducten Großbritanniens mehr Kohlenstoff ausgegeben, als von der lebenden Vegetation gebunden wird, so daß wir sehr bald zu Grunde gehen würden, wenn wir für unsere Existenz gänzlich abhängig von der Atmosphäre wären, die auf unserer Gegend ruht. Wir müssen uns somit nach einer anderen Quelle als dem Lande für die Herstellung des Gleichgewichts umsehen. Es ist sehr möglich, daß diese Quelle im Ocean gefunden werden muß. Nach den von *Frankland* gemachten Analysen ist das Meer, selbst in großen Tiefen, reich an organischem Kohlenstoff und Stickstoff, und diese Mengen nehmen von Tag zu Tag durch frische Zufuhren zu, die von allen Flüssen der Erde hineingeführt werden.

Die Tendenz des Vorganges auf dem Lande ist, den Vorrath von Kohle zu

reduciren und den der Kohlensäure zu vermehren 1) durch Verbrennung der Kohlen und anderer als Heizmaterial benutzter Substanzen; 2) durch die Zerstörung des Kohlenstoffs, der durch die natürliche Vegetation nahe der Oberfläche des Bodens angehäuft ist; 3) durch die Zunahme der Menschen und Thiere. Auf der anderen Seite mag eine entsprechende Zunahme des organischen Kohlenstoffs im Ocean vorhanden sein und in dieser Weise das Gleichgewicht aufrecht erhalten werden. *Frankland*'s verschiedene Analysen des Seewassers, die sich bis zu einer Tiefe von 700 und 800 Faden erstrecken, zeigen, daß selbst in dieser Tiefe, die kleiner ist als die Hälfte der geschätzten Mitteltiefe, die Menge des organischen Kohlenstoffs etwa dreimal so groß ist, als die Kohle, die als Kohlensäure in der Atmosphäre über einem gleichen Oberflächengebiet ruht. Wenn wir die ungeheure Größe des Oceans betrachten, so ist klar, daß die Processe des thierischen und pflanzlichen Lebens in demselben auf unsere Atmosphäre einen großen Einfluß haben müssen, über dessen Bedeutung wir gänzlich ohne Kenntniß zu sein scheinen.

***J. von Fodor.* Das atmosphärische Ammoniak.** Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser. Von *J. von Fodor.* Erste Abtheilung: Die Luft. Braunschweig 1881. *Vieweg & Sohn.*

Zu den Bestimmungen des Ammoniaks in der atmosphärischen Luft[1]) verwendete Verf. größere Mengen von lezterer, wenigstens 4—6, ev. 10—12 cbm. Die Aspiration ist dabei langsam genug; sie beträgt ca. 1 cbm in 24 Stunden. Eine Bestimmung fällt daher auf je 5 Tage und ergiebt das Mittel während dieser Zeit. Die zu untersuchende Luft ließ Verf. von der Gasse (5 m über dem Bodenniveau) durch ein enges Bleirohr aspiriren. Aus letzterem tritt die Luft zuerst in ein weites Glasrohr, welches mit feiner Glaswolle ausgefüllt ist; hier wird der atmosphärische Staub zurückgehalten. Von hier aus gelangt die Luft in den Absorptionsapparat, welcher aus zwei mit einander verbundenen und mit Glaswolle gefüllten U-förmigen Röhren besteht, und hierauf in die Gasuhr.

Die Glaswolle wird mit 4 ccm verdünnter Schwefelsäure (1: 3) angefeuchtet und nach der Absorption des Ammoniaks mit 100 ccm destillirtem Wasser ausgewaschen. Die Flüssigkeit wird mit ammoniakfreier Kalkmilch destillirt und in dem Destillat die Ammoniakmenge mit *Nessler*'scher Lösung und $^1/_{100}$ normaler Ammonchloridlösung bestimmt. Von der erhaltenen Menge wird das eigene Ammoniak der Probelösungen, d. i. der 100 ccm Wasser und 4 ccm Schwefelsäure subtrahirt; das restirende Ammoniak auf Milligramme im cbm Luft umgerechnet.

Die nach vorstehend beschriebener Methode ermittelte Ammoniakmenge betrug vom 15. September 1878 bis Ende December 1879 nach 80 Bestimmungen im Mittel 0,03888 mgr pro cbm Luft; im Jahre 1879 allein (ohne Herbst 1878) war das Mittel 0,03318 mgr.

Was die Schwankungen nach Jahreszeiten betrifft, so ergaben sich folgende Verhältnisse:

Herbst (Septbr., Oktbr., Novbr.)	1878	: 0,0558
Winter (Decbr., Jan., Febr.)	1879	: 0,0251
Frühjahr (März, April, Mai)	»	: 0,0303
Sommer (Juni, Juli, August)	»	: 0,0438
Herbst (Septbr., Oktbr., Novbr.)	»	: 0,0344

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 446—455.

Aus diesen Durchschnittszahlen ist ersichtlich, daß das Ammoniak den niedrigsten Stand im Winter erreicht, im Frühjahr ansteigt, im Sommer am höchsten, und selbst im Herbste noch sehr hoch steht.

Das Ammoniak wies noch in anderer Beziehung Schwankungen auf. Es zeigte sich, daß in der Nacht mehr Ammoniak in der Luft enthalten ist als am Tage. Dies geht deutlich aus folgenden Zusammenstellungen hervor:

			Am Tage	Nachts					Am Tage	Nachts
Am	20.	Septbr. 1877	0,063	0,033	Am	1.	Oktbr.	1877	0,029	0,046
»	23.	» »	0,0375	0,045	»	2.	»	»	0,049	0,025
»	25.	» »	0,045	0,031	»	3.	»	»	0,036	0,045
»	26.	» »	0,045	0,044	»	4.	»	»	0,049	0,034
»	27.	» »	0,059	0,074	»	5.	»	»	0,038	0,040
»	28.	» »	0,046	0,041	»	31.	Mai	1878	0,0466	0,0553
»	29.	» »	0,047	0,070	»	1.	Juni	»	0,0572	0,0835
»	30.	» »	0,044	0,045						
							Im Mittel		0,04609	0,04745

Bezüglich der Ursachen der Schwankungen des Ammoniaks in der Atmosphäre hat Verf. die Ammoniakcurve mit den graphischen Darstellungen der meteorologischen Verhältnisse verglichen und dabei Folgendes gefunden:

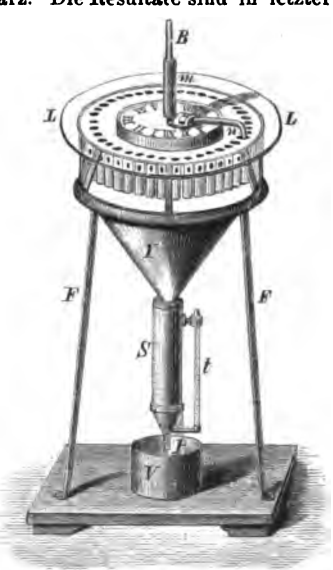
Die Abnahme des Ammoniaks fällt beinahe mit mathematischer Genauigkeit einerseits mit den Regen, andererseits mit der Abnahme der Lufttemperatur gewissermaßen auch noch mit heftigen Winden zusammen. Dem gegenüber ist während der nach Regen folgenden Trockenheit, und bei steigender Temperatur eine Zunahme von Ammoniak zu bemerken.... Die Abhängigkeit des atmosphärischen Ammoniaks von Verhältnissen so rein lokaler Natur, als es die Regenfälle und Temperaturschwankungen sind, macht es sehr unwahrscheinlich, daß das Ammoniak auch, oder sogar noch mehr durch andere Faktoren als die erwähnten regulirt werde. Deshalb glaubt sich Verf. zu der Meinung berechtigt, daß auch der Ammoniakgehalt der Atmosphäre in erster Linie von rein lokalen Ursachen abhängt. Die ausgiebigste Quelle des atmosphärischen Ammoniaks ist der Boden, als Schauplatz der fortwährenden Fäulniß und zwar erhält die Atmosphäre ihr Ammoniak keineswegs aus dem Innern des Bodens — denn die hier eingeschlossene Luft ist ammoniakärmer als die atmosphärische — sondern bloß von der Bodenoberfläche. *E. W.*

Lancetta. **Ueber die atmosphärischen Staubfälle und deren Messung.** Zeitschrift d. österr. Gesellschaft f. Meteorologie. 1880. Bd XV. S. 372 u. 1881. Bd. XVI. S. 449.

Die in Italien sehr häufig auftretenden Staubfälle sind von eigenthümlichen meteorologischen Erscheinungen begleitet. Der Staubfall tritt meistens zur Zeit der Calmen auf, nachdem E- und W-Winde sich stauten und schließlich Scirocco eintrat. Der Himmel hüllt sich in eine röthliche bleierne Farbe und die Höhen scheinen ganz davon eingehüllt. Das Barometer fällt, die Temperatur steigt, es wird schwül, man athmet schwer und fühlt sich abgeschlagen und müde. Der Staubfall tritt entweder trocken auf und wirkt kaustisch schädlich auf die Pflanzen, oder mit Regen gemischt. Der Staub ist ungreifbar fein, meistens von Ziegelfarbe schwebt im Wasser längere Zeit, zeigt eine sauere Reaction und enthält immer meteorisches Eisen, sowohl kosmischen als tellurischen Ursprungs. Diese Staub-



fälle treten in allen Monaten des Jahres auf, besonders im März, April und Mai und unter diesen 3 Monaten am häufigsten im März. Die Resultate sind in letzter Zeit erhalten durch die Messungen am Pluviopulverimeter, welches zur Messung des Regens und des atmosphärischen Staubes nach den Tageszeiten dient. Das Instrument ist folgendermaßen eingerichtet: Das Auffanggefäß (in der Zeichnung fortgelassen) communicirt durch die Röhre *B* mit dem Sammel- und Meßapparate. Letzterer besteht aus dem Sammelgefäß *Y*, das oben durch eine Glasplatte bedeckt ist, in welcher sich 48 Oeffnungen befinden. In jede Oeffnung mündet ein Proberöhrchen, das unten mit einem Kautschukpfropfen verschlossen ist. In der Mitte der Glasplatte befindet sich eine Uhr mit Ankerauslösung nach amerikanischem Systeme, welche nur den Stundenzeiger trägt. Dieser Stundenzeiger *i* ist eine an ihren beiden Enden im entgegengesetzten Sinne gebogene Röhre. Das eine Ende *m* derselben nimmt die Röhre *B*, welche vom Auffanggefäße kommt, auf, das andere *n* biegt sich über die Oeffnung der Proberöhrchen.



Das Gefäß *Y* ist wasserdicht mit einem Cylinder *S* verbunden, der mit einer graduirten Röhre *t* communicirt. Der Cylinder *S* ist mittelst einer graduirten Eprouvette *P* unten geschlossen. Letztere hat oben einen Messingansatz, um nach Bedarf abgenommen werden zu können.

Der Apparat functionirt nun folgendermaßen: Der Regen oder Staub fällt in das Auffanggefäß *A*, kommt von da durch die Röhre *B* in den Stundenzeiger *m i n*, der jede Viertelstunde über einer anderen Oeffnung sich befindet, und fließt in die respectiven Proberöhrchen.

Letztere haben nahe an der oberen Oeffnung eine Spalte, durch welche das Wasser in das Sammelgefäß *Y* kann. In *t* kann unmittelbar die Regenmenge abgelesen werden. Die Proberöhrchen sind mit Kautschukpfropfen versehen, damit letztere beim Messen der Totalregensumme herausgenommen werden können und so ihren Inhalt nach *S* entleeren. Das Proberöhrchen *P* hat den Zweck den Staub anzusammeln und zu messen.

Der Apparat ermöglicht die Angabe der Zeit des Regenfalls. Das Gefäß *V* ist ein Ersatzgefäß für den Fall, daß der Cylinder *S* die Regenmenge nicht fassen sollte. Es wird dann *P* beseitigt und das Wasser in *V* gesammelt. *E. W.*

***J. von Fodor*. Der atmosphärische Staub.** Hygienische Unters. über Luft, Boden und Wasser. Von *J. v. Fodor*. Abtheil. 1: Die Luft. Braunschweig 1881.

Verf. hat die Menge des atmosphärischen Staubes vom September 1878 bis Ende Oktober 1879 ununterbrochen beobachtet, und zwar in 5—10 tägigen Zwischenräumen. In diesen Zeiträumen wurden 5—15 cbm Luft durch eine sehr leichte Glasröhre aspirirt, in welcher eine 8—10 cm starke Schicht sehr feiner etwas zusammengedrückter Wolle enthalten war. Die zu untersuchende Luft wurde mittels eines *Bunsen*'schen Wassertrommelgebläses aspirirt und ihre Menge durch eine

Gasuhr gemessen. Die Absorptionsröhre wurde vor und nach dem Versuch in einem Exsiccator getrocknet und die Menge des Staubes durch die Gewichtszunahme des Apparates bestimmt.

Im Durchschnitt betrug die Menge des Staubes während der 13½ Monate 0,4 mg im Kubikmeter Luft. Die Menge des atmosphärischen Staubes war fortwährend Schwankungen unterworfen, in welchen im Ganzen genommen gewisse Gesetzmäßigkeiten herrschten. Die Mittelwerthe für die Jahreszeiten betrugen:

Herbst 1878 (Septbr., Okt., Novbr.)	:	0,43
Winter 1878/79 (Decbr., Jan., Febr.)	:	0,24
Frühling 1879 (März, April, Mai)	:	0,35
Sommer 1879 (Juni, Juli, Aug.)	:	0,55
Herbst 1879 (Septbr., Okt., Novbr.)	:	0,43

das heißt: die Staubmenge ist im Winter und Frühling am geringsten, im Sommer und Herbst am größten.

Die Staubmenge in der Atmosphäre wird durch verschiedene Einflüsse regulirt. Es zeigt sich nämlich, daß die Feuchtigkeit, also die Regenfälle und die darauf folgende Trockenheit die Staubmenge am entschiedensten steuern; erstere vermindern, die letztere vermehrt den Staub. Es ist dies eine so regelmäßig wiederkehrende und dazu eine so natürliche Erscheinung, welche jede weitere Beweisführung und Erklärung erläßlich macht.

Für den ersten Blick könnte auffallen, daß die Winde keine Parallelität mit dem atmosphärischen Staub aufweisen, zumindest keine regelmäßige, nicht einmal eine häufige. Doch kann die Erklärung dieser Beobachtung leicht gefunden werden, wenn man sieht, daß mit den Winden gewöhnlich regnerische Witterung einherzugehen pflegt, welche dann das Aufwirbeln des Staubes hintanhält. Wenn mit den Winden trockene Witterung einherging, so stieg parallel mit den Winden auch die Staubmenge. *E. W.*

***A. von Lasaulx.* Ueber die Natur des atmosphärischen Staubes.** Mineralogische und petrographische Mittheilungen. N. F. Bd. III. S. 517 und «der Naturforscher» 1881. Nr. 24. S. 225.

In Folge ihrer Beobachtungen haben *Nordenskjöld*, *Silvestri* und *Tissandier* die bereits von *Arago* aufgestellte Vermuthung ausgesprochen, daß der atmosphärische Staub kosmischen Ursprungs sei. Der Befund von nickelhaltigem Eisen hat hauptsächlich zu dieser Meinung die Veranlassung gegeben.

Eine Portion von den, im grönländischen Staube vielfach vorhandenen weißen Körnern, welche *Nordenskjöld* unter dem Namen «Kryokonit» beschrieben hat, und eine Probe des zu Catania gefallenen Staubes, welche beide als Hauptbelege für den kosmischen Ursprung des atmosphärischen Staubes gelten, sind nun dem Verf. zur Untersuchung überlassen worden. Außerdem hat er selbst in der Nähe von Kiel Staub aus der Schmelze des auf freien Feldern gesammelten Schnees gewonnen, die er sämmtlich einer sorgfältigen mineralogischen Analyse unterzog. Die Resultate derselben sollen hier nur kurz angeführt werden.

In dem Kryokonit fand er als Hauptbestandtheil Quarz und dann Glimmer, außerdem enthielt der Staub in geringeren Mengen und in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit: Orthoklas, Plagioklas, Magnetit, Granat, Epidot, Hornblende; echt metallische Körner konnten unter dem Mikroskope nicht erkannt werden; neben den Mineralpartikeln fanden sich noch braune, oder braungrüne Körperchen,

unter denen mikroskopische Algen vermuthet wurden. Der Kryokonit von Grönland ist darnach «ohne Zweifel ein äußerst feiner Detritus von quarz- und glimmerreichen Gesteinen, vielleicht also von einem feldspatharmen Gneiße oder Glimmerschiefer. Der Feldspath kann zudem leicht und am ehesten verschwunden sein. Der Staub kann sonach ohne Zweifel von der Gneißregion der Küste Grönlands herstammen. Jedenfalls aber erscheint von Mineralien, die unzweifelhaft auf vulkanischen Ursprung bezogen werden könnten, z. B. Augit und Olivin, keine Spur. Ebensowenig aber, außer dem ganz minimalen Gehalte an Eisen, sind andere Mineralpartikel vorhanden, die einen kosmischen, meteorischen Ursprung verriethen; im Gegentheil, die weitaus vorherrschenden sind gerade solche, die in Meteoriten bis heute so gut wie unbekannt sind: Quarz und Glimmer.»

Im Staube von Catania fand *v. Lasaulx* überwiegend thonige, quarzige und kalkige Partikel; vorherrschend waren die thonigen Partikel, die auch die größten blieben, daneben erschienen zahlreiche Quarzsplitter und -Körnchen; mehr zurücktretend wurde Calcit gefunden; in viel geringerer Menge fanden sich dann einzelne Gypsblättchen; sehr untergeordnet traten Partikelchen metallischen Eisens auf; endlich sah man ganz vereinzelt Plagioklas, Augit, Olivin und Mikroklin. Die Bestandtheile, welche die Staubmasse zum größten Theile zusammensetzen, sind also sämmtlich solche, deren Ursprung nicht außerhalb Sicilien zu suchen ist, zum Theil sogar, wie der Gyps, als echt sicilianisch gelten können. Als kosmische Körper können nur die der Menge nach ganz untergeordneten Eisenkörperchen angesprochen werden, während die vereinzelten Augit- und Olivinkrystalle wohl richtiger auf den Aetna zurückzuführen sind.

Im Staube von Kiel endlich wurden durch den Magneten ausziehbare Partikel von metallischem Eisen oder Magnetit, ferner schwarze Partikel, die vom Magneten nicht angezogen wurden, und Manganreaction gaben, gefunden; neben diesen war der vorherrschende Bestandtheil Quarz, und roth oder gelb gefärbte thonige Partikel; vereinzelt kamen Feldspath, Glimmerblättchen und Hornblendeleistchen vor. Außer dem etwa vorhandenen Eisen findet sich also auch in diesem Staube keine Spur solcher Mineralien, die auf einen nicht terrestrischen, kosmischen Ursprung verweisen könnten.

«Fassen wir nunmehr die Beobachtungen an den verschiedenen, aus der Atmosphäre niedergefallenen Staubmassen zusammen, so ergiebt sich zunächst, daß dieselben fast ihrer ganzen Masse nach aus Mineralpartikeln bestehen, die eine Deutung als Detritus mehr oder weniger naheliegender Gesteine sehr wohl zulassen. Nur das metallische Eisen, zwar stets, aber in ganz verschwindend geringer Menge vorhanden, kann allenfalls als kosmisch gelten.

Da erscheint es immerhin auffallend, daß, während doch die heutigen Tages beobachteten Meteoritenfälle der Mehrzahl nach solche Mineralgemenge der Erde zuführen, in denen neben Silicaten das metallische Eisen nur zum kleineren Theile als Bestandtheil auftritt, eigentliche Eisenmassen sehr viel seltener, nun in diesen, ebenfalls aus dem Kosmos zugeführten Stauben nicht eine Spur meteorischer Silicate, sondern im graden Gegensatze, immer nur Eisen sich nachweisen läßt.

Auch muß es doch als durchaus wahrscheinlich gelten, daß wenn zum größeren oder kleineren Theile kosmische, den Aërolithen gleichende Substanz an diesen Stauben theilnähme, diese in allen eine gewisse Gleichmäßigkeit der ihr angehörenden Mineralpartikel aufweisen würde. . . . Es sind aber die Staube nach

den Gegenden, in denen sie niederfallen, verschieden zusammengesetzte Mineralgemenge, in denen allen der Quarz, das der Verwitterung am besten und längsten widerstehende Mineral, eine Hauptrolle spielt.»

Herr von *Lasaulx* bespricht dann die Frage, ob denn die Gegenwart metallischen Eisens, auch wenn dasselbe kobalt- und nickelhaltig ist, den kosmischen Ursprung beweise, und kommt, unter Hinweis auf die beobachteten terrestrischen Vorkommen von gediegenem Eisen, zu einer negativen Antwort. Nachdem selbst die gewaltige Eisenmasse von Ovifak als terrestrisch von Vielen erkannt ist, können die geringen Eisenpartikelchen im Staube nicht als Beweis für den kosmischen Ursprung desselben gelten. Für ihre terrestrische Abstammung spricht noch, daß an den Stellen, an denen man auf der Erde metallisches Eisen gefunden, stets organische Substanzen resp. Kohlenwasserstoffe zugegen waren, welche wohl das Reductionsmittel für das Eisen geliefert haben; dem entsprechend sind auch organische Substanzen in den eisenhaltigen Stauben, wie im Ovifak-Eisen gefunden.

«Somit glaube ich, hat man alle Ursache, auch die kosmische Herkunft des einzigen noch möglicherweise auf eine solche zu beziehenden Bestandtheiles ernstlich zu bezweifeln und die atmosphärischen Staube lediglich für terrestrischen Detritus zu erklären.»

***J. Aitken.* Ueber den Einfluß des Staubes auf die Wolkenbildung.** Zeitschrift der österr. Gesellschaft f. Meteorologie. 1881. Bd. XVI. S. 205.

Wir entnehmen einem Referat der «Nature» (Vol. 23. Nr. 583. Dec. 1880) folgende Mittheilung über einen Vortrag *Aitken*'s in der Royal Society:

Staub, Nebel und Wolken scheinen in geringem Zusammenhange mit einander zu stehen, und man möchte denken, es wäre besser gethan, sie in drei getrennten Abhandlungen zu untersuchen. Doch dürfte sich hier zeigen, daß sie viel enger zusammenhängen, als auf den ersten Blick scheinen mag und daß Staub gleichsam der Keim ist, dessen entwickelte Erscheinungen Nebel und Wolken sind. Dies wurde nachgewiesen durch einen Versuch, bei welchem Dampf mit Luft vermengt wurde, in zwei großen Glasrecipienten, von denen der eine mit gewöhnlicher, der andere mit solcher Luft gefüllt war, die von allem Staube befreit war, indem man sie sorgfältig durch ein Baumwollfilter streichen ließ. In der nicht gereinigten Luft brachte der Dampf die gewöhnliche, wolkenartige Condensation hervor, während in der gereinigten Luft sich keine Spur von Wolken zeigte; die Luft blieb übersättigt und vollkommen durchsichtig.

Es verhält sich also mit der Nebel- und Wolkenbildung ähnlich, wie beim Erstarren, Schmelzen und Sieden. Die Condensation zu Nebel und Wolken erfolgt nur um ein Stäubchen als festen Ansatzpunkt.

Der Versuch wurde auch so gemacht, daß in die zwei Recipienten ein wenig Wasser gebracht wurde, wodurch sich die Luft mit Wasserdampf sättigte. Durch einen leichten Zug an der Luftpumpe wurde eine kleine Verdünnung und somit Abkühlung hervorgerufen. Der Recipient mit reiner Luft zeigte keine Veränderung, der mit gewöhnlicher wies schöne Nebelbildung auf. Je weniger Stäubchen, desto weniger Nebel.

Aus diesen Experimenten folgt: 1. daß, so oft sich Wasserdampf in der Atmosphäre condensirt, er sich nur an festen Körpern condensirt; 2. daß Stäubchen in der Luft die Kerne bilden, um welche sich der Wasserdampf condensirt; 3. daß, wenn keine Stäubchen in der Atmosphäre wären, kein Nebel und keine

Wolken wären und wahrscheinlich auch kein Regen, und daß dann alle Körper an der Erdoberfläche Condensatoren für Wasserdampf würden, auf welchen er sich niederschlagen müßte; 4. unser Athem, wenn er in der Luft sichtbar wird, so wie jeder Dampfstrahl, der in die Luft strömt, zeigt die unreine und staubreiche Beschaffenheit der Atmosphäre.

Die Quelle des feinen atmosphärischen Staubes bilden alle Ursachen der Zerbröckelung; der Meeresschaum, wenn er getrocknet wird, erwies sich als eine wichtige Quelle des feinen Staubes. Ganz besonders aber zeigt sich die Verbrennung als Ursache der Entwickelung des feinsten Staubes, und ebenso die Erhitzung fester Körper. Einfaches Erhitzen von Glas, Eisen, Messing brachte Wolken dieses feinsten Staubes hervor.

Da man weiß, daß die Hitze den Staub verringert und zerstört, hätte man glauben mögen, daß Erhitzung die Luft reinigt. Es sind aber nicht jene Staubtheilchen, die wir im Wege eines Lichtstrahls im dunkeln Zimmer sehen und die durch Hitze zerstört werden, die Ursache der Nebelbildung, sondern viel feinere unsichtbare, wie mehrfache Versuche erwiesen haben.

Mit Dämpfen anderer Substanzen wurden die gleichen Resultate erhalten.

Da nun gezeigt wurde, daß je mehr und feiner der Staub, desto dichter die Nebel seien und um so länger sich in der Luft suspendirt halten, so ist keine Hoffnung vorhanden, daß durch vollkommenere Verbrennungsverrichtungen als die gegenwärtigen die Häufigkeit, Dauer und Dichtigkeit unserer Städtenebel verringert werden würde. Vollkommenere Verbrennung würde wohl die erbssuppähnliche Dichtigkeit der Londoner Nebel beseitigen und sie reiner und weißer machen, wenn der Rauch beseitigt würde, der sich gegenwärtig mit unseren Städtenebeln mischt, sie schwerer macht und selbst, wenn sie in unsere Zimmer eindringen, verhindert, sich aufzulösen. Rauch fällt nieder während des Nebels, denn die Rauchtheilchen sind mit gutem Strahlungsvermögen versehen, kühlen sich rasch ab und bilden Condensationskerne für den Wasserdampf. Die Rauchtheilchen werden dadurch schwerer und fallen nieder. Dies erklärt, warum niedersinkender Rauch häufig ein Zeichen baldigen Regens ist; er zeigt eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre an.

Obwohl der Rauch so schädlich wirkt, so ist doch zu bedenken, ob er nicht als Absorbens für die übelriechenden Stoffe auch von unberechenbarem Nutzen für große Städte ist. Ein ähnliches gilt vom Schwefel, der sich als besonders reiche Quelle für atmosphärischen feinen Staub erwies und in den Kohlen in solcher Menge vorhanden ist, daß in London täglich 200 Tonnen Schwefel verbrannt werden. Obwohl er auch durch die Entwickelung der schwefeligen Säure schädlich wirkt, so ist wohl zu erwägen, ob er nicht als Entwickeler dieser schwefeligen Säure von großem Nutzen für die Großstädte ist, da letztere ein vorzügliches Desinfektionsmittel ist.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß spätere Versuche unter dem Gefrierpunkt die gleichen Resultate betreffs der Nebel- und Wolkenbildung lieferten.

Die Redaction d. Zeitschrift f. Meteor. bemerkt zu Vorstehendem: «Es sollte kaum nöthig scheinen, sich gegen diese weitgehende Verallgemeinerung zu verwahren, da der Verf. später selbst zugiebt, daß in der Natur der Vorgang ein anderer ist, als in dem engen Raume des Recipienten der Luftpumpe. Nachdem wir aber schon zu lesen bekommen, daß without dust according Mr. *Aitken* we should be

without rain, and should have to live in a perpetuel vapour bath (Nature. Febr. 3. 1881 Gas and Electricity as heating agents, a lecture by C. Wm. Siemens), so wird dies doch nöthig. Wie mag Herr *Aitken* sich vorstellen, wie die Condensation in aufsteigenden Luftströmen, die Hauptquelle der atmosphärischen Niederschläge, ohne „Dust“ erfolgen kann. Der Wasserdampf muß in einer gewissen Höhe vermöge der Abkühlung condensirt werden, was wird geschehen, wenn er keine Stäubchen vorfindet?»

Lespiault. **Einfluß des Bodenreliefs auf den Hagelfall.** Ciel et Terre. Vol. I, pag. 453 und Zeitschrift d. österr. Ges. f. Meteor. 1881. Bd. XVI. S. 300.

Lespiault untersucht in einer kürzlich publicirten Studie über die Gewitter in dem Departement Gironde den Einfluß, welchen die Configuration des Bodens auf den Hagelfall hat.

Aus einer Prüfung der Bulletins und der Karten, sagt er, ersieht man leicht, daß caeteris paribus die Thäler häufiger von Hagel betroffen werden als die Bergabhänge und die benachbarten Hochebenen. Es scheint eine gewisse Tiefe des Bodens unterhalb der Wolken nothwendig zu sein, damit die Hagelbildung ohne Hinderniß vor sich gehen kann. Anderseits haben die Richtungen der Thäler einen markirten Einfluß auf die Richtung der Wolken, welche darüber hinwegziehen, wenn sie auch nur eine momentane Ablenkung der Wolken verursachen, und diese, nachdem sie ihnen eine Weile gefolgt sind, sich neuerdings in die allgemeine Richtung des Wirbels einfügen, der sie trägt.

Z. B. ein Thal befindet sich in der Achse der Hagelzone oder nur wenig zu jener Achse geneigt, so scheinen die Hagelwolken in dieses Thal gezogen zu werden, wie die welken Blätter durch den Wind in einen Graben. Wenn sich das Thal in zwei Seitenthäler spaltet, so theilt sich auch das Gewitter in zwei Arme und verheert diese Seitenthäler auf seiner Tour zum mindesten in der ganzen Erstreckung, welche sich im inneren Theile der Hagelzone befindet. Die auf diese Zone transversalen Thäler haben einen gleichen Einfluß, wenn auch weniger markirt. Sobald die Wolken über denselben anlangen, scheinen sie eine Tendenz zu bekommen sich herabzusenken und sich auf beiden Seiten der Hagelzone in der Richtung des Thales auszudehnen, so daß die Hagelzone über diesen Thälern breiter wird als über den Plateaux, und die Verwüstungen dort beträchtlicher werden als über letzteren.

H. Hoffmann. **Thermische Vegetationsconstanten.** Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteor. 1881. Aug.-Heft S. 330.

R. Hult. **Rech. sur les phénomènes périod. des plantes.** Upsala 1881.

F. von Herder. **Phänologische Beobachtungen** bei St. Petersburg im Jahre 1880. Cassel 1880.

H. Briem. **Einfluß der Wärme- und Regenvertheilung auf die Zuckerrüben-Kultur.** Wiener landw. Ztg. 1882. Nr. 2.

C. Ridolfi. **Influenza della Luna sulla vegetazione.** Bull. R. Soc. Tosc. di Orticult. VI. 1881. Nr. 8. p. 251—252.

A. Sprung. **Wagebarograph mit Laufgewicht.** Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteor. 1881. Jänner-Heft. S. 1.

P. Schreiber. **Der hydrostatische Barograph.** Ibid. Decbr.-Heft. S. 497.



I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XIV. Untersuchungen über den Einfluß der Struktur des Bodens auf dessen Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse.

Von Professor Dr. E. **Wollny** in München.

Die Art der Lagerung der Bodentheilchen, von welcher das Verhalten der Kulturböden zum Wasser und zur Wärme abhängig ist, läßt hauptsächlich nach zwei Richtungen hin wesentliche Unterschiede erkennen.

Ein Boden, der noch nie eine Bearbeitung erfahren hat oder lange Zeit sich selbst überlassen blieb, oder der im Zustande der geringsten Kohärescenz[1]) eine zu häufige Bearbeitung erfahren, dadurch eine pulverförmige Beschaffenheit angenommen hatte und weiterhin zusammengeschlämmt wurde, befindet sich in seinem natürlichen Gefüge; in diesem Zustande sind die einzelnen Bodenpartikelchen so innig aneinander gelagert, daß sie weder durch das atmosphärische Wasser, noch durch ihr eigenes Gewicht sich enger aneinander legen können. Unter solchen Verhältnissen ist die Größe der Poren von derjenigen der einzelnen Bodentheilchen allein abhängig und man kann daher diese Form des Bodengefüges zweckmäßig mit Einzelkornstruktur[2]) bezeichnen.

[1]) *F. Haberlandt,* Ueber die Kohärescenzverhältnisse verschiedener Bodenarten. Diese Zeitschrift Bd. I. S. 156 u. 157.

[2]) *E. W. Hilgard,* Ueber die Flockung kleiner Theilchen und die physikalischen und technischen Beziehungen dieser Erscheinung. Diese Zeitschrift Bd. II. 1879. S. 441—454.

In einer normal bearbeiteten Ackererde sind dagegen die Bodenpartikel nicht gleichmäßig aneinander gelagert, derart, daß das Gefüge mehr oder weniger homogen erscheint, sondern sie verbinden sich mit Hülfe verschiedener Substanzen (Wasser, Thon, Humussäuren u. s. w.) zu größeren Conglomeraten, Bröckchen oder Krümelchen, welche in der Regel das natürliche Gefüge zeigen und zwischen sich größere Hohlräume bilden, die sehr durchgreifende Veränderungen in der physikalischen Beschaffenheit des Bodens herbeiführen. Diese Art der Lagerung der Formelemente des Bodens, welche man als Krümelstruktur bezeichnen kann, unterscheidet sich also hauptsächlich von der vorhergehenden durch das Auftreten einer beträchtlichen Zahl von größeren Lücken.

In welchem Grade die Temperatur und die Feuchtigkeitsmengen des Bodens von den vorbezeichneten mechanischen Zuständen unter verschiedenen Bedingungen abhängig seien, hat man durch verschiedene Versuche festzustellen versucht. Indessen sind die dadurch gewonnenen Resultate nicht ausreichend, um ein vollständiges Bild der einschlägigen Erscheinungen unter natürlichen Verhältnissen zu liefern, weil in den betreffenden Untersuchungen nur einzelne, nicht sämmtliche Veränderungen in dem physikalischen Verhalten der Böden bei verschiedener Struktur in das Auge gefaßt und die Beobachtungen fast ausnahmslos im Zimmer angestellt wurden. Unter solchen Umständen hat sich Referent veranlaßt gesehen, durch Versuche im Freien weitere Beiträge zur Frage des Einflusses der Struktur auf den Wassergehalt und die Erwärmung des Bodens unter Benutzung der bisher gewonnenen Daten zu liefern. Die nachfolgenden Zeilen geben über die ermittelten Resultate näheren Aufschluß.

A. Einfluß der Struktur des Bodens auf dessen Wassergehalt.

Die über Wasserkapacität verschiedener Bodenarten angestellten Versuche von *Schübler*[1]), *C. Trommer*[2]), *L. Zenger*[3]), *Meister*[4]), *W. Schu-*

---

[1]) *Schübler,* Grundsätze der Agrikulturchemie. 1830. II. S. 65.
[2]) *W. Schumacher,* Physik des Bodens. I. S. 86.
[3]) Agronomische Zeitung. 1858. S. 215.
[4]) Jahresbericht 1857—58 der k. landw. Centralschule Weihenstephan.



macher[1]), *A. Stöckhardt*, *E. Peters*, *C. Karmrodt*[2]), *C. Treutler*[3]), *A. Hosæus*[4]), *F. Haberlandt*[5]), *A. Schleh*[6]), *A. von Liebenberg*[7]) *H. von Klenze*[8]), *E. Heiden*[9]) u. A. lassen nicht erkennen, inwieweit die im Boden vorkommenden Wassermengen von der Struktur beeinflußt werden, weil auf letztere nicht besonders Rücksicht genommen wurde und aus der Beschreibung der benutzten Versuchsböden sich keine Schlüsse auf die nähere mechanische Zusammensetzung derselben ableiten lassen[10]). Abgesehen hiervon sind die Ergebnisse jener Versuche für die Beurtheilung der hier in Rede stehenden Verhältnisse überdies insofern nicht brauchbar, als die Wasserkapacität auf das Gewicht des Bodens bezogen wurde, während in Rücksicht darauf, daß die Pflanzen zu ihrer Entwickelung nicht eine bestimmte Gewichtsmenge, sondern ein genügendes Volumen Boden beanspruchen und daß gewichtsprocentische Zahlen ein durch das verschiedene spezifische Gewicht der Bodenconstituenten vollständig verdecktes Bild liefern, nur auf das Volumen berechnete Zahlen als maßgebend angesehen werden können.

Adolf Mayer, der die letztere Ausdrucksweise eingeführt hat[11]), machte zuerst darauf aufmerksam, daß die Höhe der Erdschicht, welche man bei der Bestimmung der Wasserkapacität verwendet, für das zu erlangende Resultat nicht gleichgültig ist, indem nämlich bei kurzen Erdsäulen der Boden vollständig mit Wasser gesättigt wird, während bei längeren Erdsäulen, wenn dieselben mit einer überflüssigen Menge Wasser

---

1) *W. Schumacher*, a. a. O. I. S. 86.

2) *W. Schumacher*, a. a. O. I. S. 229 u. 230.

3) Landw. Versuchsstationen. Bd. 14. 1871. S. 301.

4) Annalen der Landw. in den k. preuss. Staaten. 1870. 52. S. 262.

5) Wissenschaftlich praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Wien. 1875. Bd. I. S. 9. und landw. Versuchsstationen. Bd. VIII. S. 458.

6) Ueber die Bedeutung des Wassers in den Pflanzen. Inaug.-Dissert.

7) Ueber das Verhalten des Wassers im Boden. Halle 1873. Inaug.-Dissert.

8) Landw. Jahrbücher. 1877. Heft 1.

9) Landw. Versuchsstationen. Bd. XXVI. 1881. S. 407.

10) Nur *Meister* hat in seinen Untersuchungen eine genaue mechanische Analyse der Bodenarten ausgeführt.

11) *A. Mayer*, Ueber das Verhalten erdartiger Gemische gegen Wasser. Landw. Jahrbücher. Berlin 1874. Heft III. S. 753 und *Fühling's* landw. Zeitung 1875. Heft I. S. 17.

in Berührung gebracht werden, sich die höheren Erdschichten unter anderen Umständen befinden und geringere Mengen von Wasser zu fassen vermögen, als die tieferen. *A. Mayer* bezeichnet die durch Erfüllung aller kapillaren Hohlräume bestimmte Wasserkapacität als volle oder größte und unterscheidet hiervon eine absolute oder kleinste Wasserkapacität, die sich nur abhängig von der Natur des das Wasser zurückhaltenden Mediums in den Schichten über der kapillaren Erhebungszone herausstellt und das Minimum von Wasser bezeichnet, welches von dem Boden unter allen Umständen bei Zurverfügungstellung eines Ueberschusses festgehalten wird. Die Wasserkapacität in diesem Sinne ist praktisch allein bedeutungsvoll, da «nur von dieser Eigenthümlichkeit die Ausnutzung einer gefallenen Wassermenge abhängig ist».

Die von *A. Mayer* ermittelte kleinste Wasserkapacität verschieden feiner Bodenarten stellte sich, wie folgt, heraus:

Korngröße:	0,9—2,7 mm	0,3—0,9 mm	0,0—0,3 mm
Quarz:	7,0 vol. %	13,7 vol. %	44,6 vol. %
Thonstein:	—	24,5 »	40,9 » .

Man erkennt deutlich, dass die absolute Wasserkapacität um so größer ist, je feiner die Bodentheilchen sind.

Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als ob durch Untersuchungen solcher Art die Feuchtigkeitsverhältnisse der Böden bei verschiedener Struktur genau festgestellt werden könnten. Dies ist aber keineswegs der Fall, denn die kleinste Wasserkapacität giebt nur an, wie viel Wasser der Boden in seinem natürlichen Zustande ohne äußere Beeinflussung aufnehmen kann; bei Beurtheilung der unter natürlichen Verhältnissen im Boden auftretenden Wassermengen sind aber zweifelsohne noch die Wirkungen der übrigen von der Struktur abhängigen Faktoren (die Kapillarität, in Bezug sowohl auf das Aufsteigen als auch Einsinken des Wassers, die Verdunstung, Durchlässigkeit, Abtrocknung der obersten Schicht u. s. w.) mit zu berücksichtigen. Ueberdies darf nicht ausser Acht gelassen werden, daß nicht allein die in den obersten, sondern auch die in den mit einer größeren Wasserkapacität ausgestatteten tieferen Bodenschichten auftretenden Feuchtigkeitsmengen von der Vegetation ausgenutzt werden, sowie daß die bisherigen mit Mineralpulvern oder pulverförmigen Bodenarten angestellten Untersuchungen keinen Aufschluß darüber

geben können, welchen Einfluß die Krümelung der Ackererde auf deren Wassergehalt ausübt.

In Ansehung der zuletzt geschilderten, noch wenig aufgeklärten Verhältnisse hat sich Referent veranlaßt gefunden, die in nachstehenden Zeilen beschriebenen Experimente auszuführen. Hierbei suchte er zunächst die Frage des Einflusses der Einzelkorn- sowie der Krümelstruktur auf die während der Vegetationszeit in einer ca. 30 cm mächtigen, auf einem durchaus durchlässigen Untergrunde aufruhenden Bodenschicht auftretenden Wassermengen zu beantworten, weiterhin die Verdunstung und Durchlässigkeit des Bodens für Wasser unter den gleichen Verhältnissen näher festzustellen.

Versuchsreihe I (1878).

Wassergehalt des Bodens bei verschiedener Größe der Bodentheilchen und der Bodenkrümel während der Vegetationszeit.

In dieser Reihe wurden zwei Bodenarten verwendet, aus welchen sich im trockenen Zustande ein Versuchsmaterial von gewünschter Beschaffenheit herstellen ließ. Reiner, aus der Nürnberger Gegend stammender Quarzsand wurde durch Siebe in vier verschiedene Korngrößen zergliedert, welche folgende Größenunterschiede zeigten:

	I.	II.	III.	IV.
Durchmesser der Körnchen:	Staub — 0,25 mm	0,25—0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm.

Als Nr. V kam der Sand in natürlichem Zustande, also mit sämmtlichen Kornsorten von staubfein — 2 mm in Anwendung in folgenden Mengenverhältnissen:

Staub—0,25 mm	0,25—0,50 mm	0,5—1,0 mm	1,0—2,5 mm
10,85 %	42,15 %	40,40 %	6,45 % .

Außerdem wurde getrockneter, krümeliger Lehm[1]) theils durch Stampfen in einem Mörser und nachheriges Absieben der gröberen Theile in Pulver übergeführt, theils nach Entfernung der feinsten Bestandtheile durch Siebe behufs Herstellung von Bodenkrümeln verschiedener Größe

[1]) Nach der mechanischen Analyse zeigte der Lehm folgende Zusammensetzung:

Grobkies	< 6,75 mm	: 1,055 %	Mittelsand	0,3—0,7 mm	: 4,133 %
Mittelkies	4,0—6,75 »	: 0,141 »	Feinsand	< 0,3 »	: 58,705 »
Feinkies	2,5—4,0 »	: 0,297 »	Abschlämmbare Theile	— —	: 33,763 » .
Grobsand	0,7—2,5 »	: 1,906 »			

sortirt. Auf diese Weise wurde ein Material von folgender Beschaffenheit gewonnen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Durchmesser der Krümel:	Staub–0,5 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm.

Die vorstehend bezeichneten Böden, mit Ausnahme des Lehmes Nr. 2, wurden in Zinkkästen gefüllt, die einen Querschnitt von 20 cm im Quadrat und eine Höhe von 30 cm besaßen. Der Boden war durchlöchert und wurde vor dem Einfüllen mit grobem, das Wasser leicht durchlassendem Fließpapier bedeckt. Um eine möglichst gleichmäßige Zusammenlagerung der Bodentheilchen herbeizuführen, andererseits aber ein Abbröckeln der Lehmkrümelchen zu verhindern, wurden die mit Boden beschickten Gefäße nur sanft auf den unteren Rand aufgestoßen und gerüttelt, von einem Einstampfen der einzelnen Bodenschichten aber Abstand genommen. Das Gewicht des Bodens betrug:

	Quarzsand			Lehm	
	im lufttrockenen Zustande.	im trockenen Zustande.		im lufttrockenen Zustande.	im trockenen Zustande.
I.	19310 g	19283 g	I.	15790 g	15116 g
II.	19310 »	19283 »	III.	13510 »	12933 »
III.	19310 »	19283 »	IV.	13510 »	12933 »
IV.	19310 »	19283 »	V.	13510 »	12933 ».
V.	20810 »	20781 »			

Um die Böden bis zum Beginn des Versuchs nach Maßgabe ihrer physikalischen Eigenschaften mit Wasser zu sättigen, wurden die Versuchsgefäße bereits einen Monat vorher ins Freie gebracht und allen Witterungsverhältnissen ausgesetzt. Zur Aufnahme der Gefäße diente ein in Fächer (von 20,5 cm im Quadrat) getheilter, aus starken Brettern hergestellter und bis zum Rande in die Erde gegrabener, unten offener und auf dem aus durchlässigem Kalksteingeröll bestehenden Untergrund aufruhender Holzkasten von 29 cm Tiefe. Bei einer derartigen Versuchsanordnung drangen die von den Böden nicht aufgenommenen Wässer durch den durchlöcherten Boden der Gefäße in den Untergrund. Es blieb daher immer nur soviel Wasser in dem Erdreich zurück, als dasselbe zu fassen vermochte. Um diese Wassermengen zu bestimmen, wurden die Zinkkästen nach sorgfältiger Entfernung des äußerlich anhaftenden Wassers alle 8 Tage gewogen. Da das Gewicht des trockenen Bodens bekannt war, so gab die Differenz zwischen diesem und dem bei jeder Wägung gefundenen den absoluten Wassergehalt an.

Das Volumen des Bodens wurde in folgender Weise ermittelt. Vor jeder Wägung wurde über den Rand der Gefäße ein vollkommen ebenes, aus hartem Holz hergestelltes Brettchen gelegt und der Abstand der Unterseite desselben von der Bodenoberfläche an verschiedenen Stellen mittelst eines in Millimeter getheilten Stäbchens, welches an dem unteren Ende, um das Eindringen in den Boden zu verhindern, mit einer kleinen Platte versehen war, gemessen. Das arithmetische Mittel aus den gewonnenen Zahlen von 30 cm abgezogen ergab die Tiefe der Bodenschicht, und diese mit dem Querschnitt (400 □cm) multiplicirt das Volumen des Bodens. Aus letzterem und den absoluten Wassermengen ließ sich dann leicht der volumprocentische Wassergehalt berechnen.

Die nachstehenden Tabellen enthalten die auf diese Weise gewonnenen Daten.

A.

Absolute Wassermengen im Boden.

Cubikcentimeter.

Datum	Weißer Quarzsand					Lehm			
	I 0,0—0,25 mm	II 0,25—0,50 mm	III 0,5—1,0 mm	IV 1—2 mm	V 0,0—2,0 mm	I 0,0—0,5 mm	III 1—2 mm	IV 2,0—4,5 mm	V 4,50—6,75 mm
9. Mai	4137	3267	2317	2267	3379	5794	4567	4447	4367
16. »	3797	3097	2167	2157	3169	5614	4297	4307	4227
23. »	3047	3047	2117	2097	3069	5094	4037	4067	4027
31. »	3697	3147	2227	2127	3149	6124	4367	4337	4237
6. Juni	4067	3417	2587	2567	3419	6944	4887	4827	4747
13. »	2867	3027	2107	1987	2859	5694	4117	4127	4047
21. »	2447	3147	2337	2247	3009	5304	4087	4137	4077
27. »	2707	3127	2307	2197	3019	5544	4297	4277	4217
4. Juli	3087	3297	2487	2447	3189	5874	4627	4587	4517
11. »	3197	3147	2357	2217	2979	6054	4407	4397	4297
18. »	2947	2997	2217	2067	2969	5814	4167	4187	4117
25. »	2027	2897	2187	1967	2629	4944	3887	3917	3877
1. August	3517	3227	2447	2317	3059	6354	4567	4547	4477
8. »	3097	3117	2357	2257	2879	5994	4277	4327	4257
16. »	3417	3267	2507	2507	3119	6364	4667	4667	4567
22. »	3437	3217	2477	2347	2989	6364	4537	4547	4457
29. »	3717	3267	2527	2437	3099	6604	4767	4717	4637
5. Sept.	3277	3007	2307	2037	2719	6274	4167	4237	4157
12. »	3087	3087	2387	2277	2829	6234	4187	4257	4207
19. »	3337	3007	2337	2127	2829	6284	4267	4287	4197
Mittel	32455	31405	23380	22325	30430	59635	43590	43600	41425

B.

Volumen der Böden.

Cubikcentimeter.

Datum	Weißer Quarzsand					Lehm			
	I 0,0—0,25 mm	II 0,25—0,50 mm	III 0,5—1,0 mm	IV 1,0—2,0 mm	V 0,0—2,0 mm	I 0,0—0,5 mm	III 1—2 mm	IV 2,0—4,5 mm	V 4,5—6,75 mm
9. Mai	11440	11360	11440	11640	11440	11440	11480	11480	11320
16. »	11440	11360	11440	11600	11440	11280	11320	11320	11160
23. »	11440	11360	11440	11560	11440	11280	11240	11280	11160
31. »	11440	11360	11400	11560	11440	11200	11240	11280	11160
6. Juni	11400	11360	11400	11560	11440	11200	11240	11200	11120
13. »	11400	11360	11400	11560	11440	11080	11200	11200	11080
21. »	11400	11360	11400	11560	11440	11040	11200	11200	11080
27. »	11400	11360	11400	11520	11440	11040	11080	11160	11000
4. Juli	11400	11360	11400	11520	11400	11000	11080	11120	10960
11. »	11400	11360	11400	11520	11400	11000	11080	11120	10960
18. »	11360	11360	11400	11520	11360	11000	11080	11080	10920
25. »	11360	11360	11400	11520	11360	11000	11080	11040	10880
1. August	11360	11360	11400	11520	11360	11000	11080	11040	10880
8. »	11360	11320	11400	11440	11320	10960	11040	10960	10840
16. »	11360	11320	11400	11440	11320	10960	11000	10960	10840
22. »	11360	11280	11400	11440	11320	10960	10960	10960	10760
29. »	11360	11240	11360	11440	11240	10920	10920	10840	10720
5. Sept.	11320	11240	11360	11400	11240	10880	10880	10800	10680
12. »	11280	11200	11360	11400	11240	10840	10840	10800	10680
19. »	11200	11200	11360	11400	11240	10840	10840	10760	10680

C.

Volumprocentischer Wassergehalt der Böden.

9. Mai	36,16	28,76	20,25	19,48	29,54	50,65	39,78	38,74	38,58
16. »	33,19	27,26	18,94	18,59	27,70	49,77	37,96	38,05	37,88
23. »	26,63	26,82	18,50	18,14	26,82	45,16	35,91	36,05	36,08
31. »	32,31	27,70	19,54	18,39	27,53	54,68	38,85	38,45	37,96
6. Juni	35,67	30,08	22,69	22,20	29,89	62,00	43,48	43,09	42,69
13. »	25,15	26,64	18,48	17,19	24,99	51,39	36,76	36,85	36,52
21. »	21,46	27,70	20,50	19,44	26,30	48,04	36,49	36,93	36,71
27. »	23,74	27,52	20,24	19,07	26,39	50,21	38,78	38,32	38,34
4. Juli	27,08	29,02	21,81	21,24	27,86	53,40	41,76	41,25	41,21
11. »	28,04	27,70	20,68	19,24	26,04	55,04	39,77	39,54	39,20
18. »	25,94	26,38	19,45	17,94	26,13	52,85	37,60	37,79	37,70
25. »	17,83	25,50	19,18	17,08	23,14	44,94	35,08	35,48	35,63
1. August	30,96	28,41	21,46	20,11	26,93	57,76	41,22	41,18	41,15
8. »	27,26	27,54	20,68	19,73	25,43	54,69	38,74	39,48	39,27
16. »	30,08	28,86	21,99	21,91	27,55	58,07	42,43	42,58	42,13
22. »	30,25	28,52	21,72	20,51	26,40	58,07	41,39	41,48	41,42
29. »	32,72	29,07	22,24	21,30	27,57	60,47	43,65	43,51	43,25
5. Sept.	28,95	26,75	20,31	17,87	24,19	57,66	38,30	39,23	38,92
12. »	27,37	27,56	21,01	19,97	25,17	57,51	38,62	39,41	39,39
19. »	29,79	26,85	20,57	18,66	25,17	57,97	39,36	39,84	39,29
Mittel	**28,53**	**27,73**	**20,51**	**19,40**	**26,53**	**54,02**	**39,30**	**39,36**	**39,22**



Abgesehen von Nebenumständen, auf welche weiter unten eingegangen werden soll, zeigen diese Zahlen,

1) daß der Wassergehalt des Sandes mit der Feinheit des Kornes im Allgemeinen zunahm und das Gemisch sämmtlicher Kornsorten einen mittleren, demjenigen des feinkörnigen Materials nahe stehenden Wassergehalt besaß,
2) daß der Wassergehalt des Lehmes im pulverförmigen Zustande bedeutend größer war als im krümeligen und
3) daß die Größe der Krümel auf die in dieser Bodenart auftretenden Feuchtigkeitsmengen keinen Einfluß insofern ausgeübt hatte, als bei verschiedener Größe der Bröckchen der Wassergehalt sich gleich blieb.

Um die Ursachen der durch diese Sätze charakterisirten, zum Theil sehr auffallenden Erscheinungen zu ergründen, wird es vorerst nothwendig sein, auf das übrige Verhalten des Bodens zum Wasser bei verschiedener Struktur näher einzugehen. Bereits bei einer anderen Gelegenheit hat Referent den Nachweis geliefert [1]), daß der Wassergehalt eines jeden Bodens unter natürlichen Verhältnissen bei gleicher Größe der atmosphärischen Niederschläge von der Abgabe des Wassers an der Oberfläche und in die Tiefe, d. h. von der Verdunstung und von der Durchlässigkeit wesentlich beherrscht wird. Welche Unterschiede in dieser Beziehung die Böden bei verschiedener Lagerung ihrer Theilchen zeigen, sollte durch die nachstehend beschriebenen Versuche festgestellt werden.

Versuchsreihe II (1880 u. 1881).

Verdunstung des Bodens bei verschiedener Struktur.

S. W. Johnson [2]), der eine größere Reihe von Versuchen über diesen Gegenstand ausgeführt hat, fand, daß im Allgemeinen die Verdunstung von der Oberfläche des Bodens mit der Feinheit der Bodenpartikelchen bis zu einer bestimmten Grenze, die in der Mehrzahl der Fälle bei einem

---

[1]) *E. Wollny*, Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften des Bodens im dichten und im lockeren Zustande. Diese Zeitschr. Bd. V. 1882. S. 21.

[2]) *S. W. Johnson*, Studies on the Relations of Soils to Water. Annual Report of the Connecticut agricultural Experiment-Station for 1877 and 1878. New Haven. U. S. 1878 and 1879. p. 76—81. resp. 83—102. Vergl. die betr. Referate in dieser Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 413 u. Bd. II. 1879. S. 347.



mittleren Durchmesser der Körnchen von 0,22 mm lag, wächst und daß bei größerer Feinheit (0,07—0,13 mm) die Abgabe von Wasser im Allgemeinen wieder abnimmt. Letzteres beruht wahrscheinlich darauf, daß über ein gewisses Maß hinaus feinkörnige Substanzen, wegen der im gleichen Grade eintretenden Verlangsamung der kapillaren Leitung des Wassers von unten nach aufwärts, den an der Oberfläche stattfindenden Verlust nicht vollständig zu ergänzen vermögen.

Wenngleich diese Untersuchungen werthvolle Beiträge zur Bodenkunde liefern, so sind dennoch die durch dieselben erhaltenen Resultate nicht ohne Weiteres auf die unter natürlichen Verhältnissen auftretenden Erscheinungen anwendbar, weil die Versuchsböden kapillar mit Wasser gesättigt waren, während dies in Wirklichkeit meist nicht der Fall ist.

Behufs Feststellung des Einflusses der Struktur des Bodens auf die Verdunstung desselben, verfuhr Referent in folgender Weise: In Versuch I und II wurden Zinkkästen von cubischer Form und 8000 ccm Inhalt bis zum Rande mit verschiedenen Kornsorten von Quarzsand im trockenen Zustande gefüllt. In Versuch I wurde derselbe Quarzsand wie in Versuchsreihe I verwendet; in Versuch II wurde ein gröberer, durch Eisen gelb gefärbter, ebenfalls aus der Nürnberger Gegend bezogener Sand benutzt, aus welchem sich sowohl ein sehr feinkörniges als auch sehr grobkörniges Versuchsmaterial herstellen ließ. Die verschiedenen Sortimente des Lehmes in Versuch III wurden theils durch Pulvern in einer Reibschale und nachheriges Absieben der gröberen Bestandtheile, theils durch Sieben des zuvor getrockneten und gekrümelten Bodens gewonnen. Die zur Aufnahme dieser Bodenart dienenden, aus starken Brettern hergestellten Kästen hatten eine quadratische Grundfläche von 625 □cm und eine Höhe von 20 cm. Vor Anstellung der Versuche wurden in allen drei Versuchen die Gefäße mit ihrem durchlöcherten Boden derart auf eine Wasserfläche gesetzt, daß das Wasser von der tiefsten Stelle kapillar bis zur Oberfläche aufsteigen konnte. Bei den gröberen Sandsorten, welche nur eine geringe oder gar keine Kapillarität besaßen, geschah die Durchfeuchtung durch Einsenken der Zinkgefäße bis zur Oberfläche in Wasser. Nach erfolgter Imprägnation wurden sämmtliche Gefäße mit Brettchen bedeckt, um die Verdunstung hintanzuhalten, und auf kleine Holzstäbe gestellt, damit das überschüssige, vom Boden nicht festgehaltene Wasser ablaufen könne. Nachdem dies ge-

schehen, wurden die Kästen auf einen im Freien befindlichen Tisch gestellt und dabei die Zinkgefäße, um die seitliche Erwärmung derselben möglichst zu beschränken, ringsum mit einem Bretterrahmen umkleidet. Bei eintretendem Regen wurde in 1 m Höhe über der Oberfläche der Versuchsböden ein wasserdichtes Zeltdach ausgespannt.

Die beobachteten Verdunstungsgrößen, ausgedrückt in Grammen Wasser, sind den folgenden Tabellen zu entnehmen:

Versuch I (1881).

Weißer Quarzsand.

Verdunstung von 400 □cm Fläche.

Datum	Korngröße				
	0,0—0,25 mm	0,25—0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	0,0—2,0 mm
4.— 9. Juli	1940	1670	1080	1040	1720
9.—13. »	210	90	80	40	112
13.—18. »	320	120	110	60	58
18.—22. »	210	90	100	40	70
22.—26. »	90	40	40	20	50
26.—30. »	100	60	50	20	40
30. Juli bis 2. Aug.	100	60	70	30	50
Summa	2970	2130	1530	1250	2100

Versuch II (1881).

Gelber Quarzsand.

Verdunstung von 400 □cm Fläche.

Datum	Korngröße			
	0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,5—6,75 mm
4.— 9. Juli	1100	780	300	140
9.—13. »	230	50	50	40
13.—18. »	320	70	40	30
18.—22. »	150	20	10	20
22.—26. »	60	10	10	—
26.—30. »	70	20	10	—
30. Juli bis 2. Aug.	50	30	20	10
Summa	1980	980	440	240

Versuch III (1881).

Lehm.

Verdunstung von 625 □cm Fläche.

Datum	Korngröße				
	0,0—0,25 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm
4.—11. Juli	2590	2160	1990	1620	1650
11.—13. »	550	420	360	300	350
13.—18. »	540	440	420	380	350
18.—22. »	450	390	380	280	260
22.—26. »	220	180	170	160	140
26.—30. »	210	180	180	160	150
30. Juli bis 2. Aug.	190	160	160	150	130
Summa	**4750**	**3930**	**3610**	**3050**	**3030**

Aus den weiter unten mitgetheilten Versuchen über die Durchlässigkeit der Böden hatten sich außerdem Daten ergeben, welche die Verdunstungsgrößen während der ganzen Versuchsdauer leicht berechnen ließen. Aus dem Gewicht der Gefäße am Anfang und am Ende des Versuchs ergab sich die Menge von Wasser, um welche der Boden im letzteren Falle reicher war als ursprünglich. Wurde diese mit der mittelst eines Regenmessers beobachteten Niederschlagsmenge summirt, so erhielt man die Gesammtquantität des disponiblen Wassers, von welcher dann nur die Sickerwasser abgezogen zu werden brauchten, um die verdunsteten Wassermengen zu finden. Auf diese Weise wurden die folgenden Zahlen erhalten.

Bilanz zwischen Verdunstung und Niederschlag.

Versuch IV (1880).

Quarzsand.
Pro 400 □cm Fläche.

	I.	II.	III.	IV.	V.
	mm 0,00—0,25	mm 0,25—0,50	mm 0,5—1,0	mm 1—2	mm 0,0—2,0
	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Regen vom 20/IV.—25/IX.	28236	28236	28236	28236	28236
Ueberschüssiges Wasser in den Gefäßen am Ende des Versuchs	110	110	610	140	110
Disponible Wassermengen:	28126	28126	27626	28096	28126
Davon ab die Sickerwasser:	6186	19297	21891	24337	17509
Es verdunsteten demnach:	**21940**	**8829**	**5735**	**3759**	**10617**



Versuch V (1881).

	Quarzsand. Pro 400 □cm Fläche.				
	I.	II.	III.	IV.	V.
	mm 0,00—0,25	mm 0,25—0,50	mm 0,5—1,0	mm 1—2	mm 0,0—2,0
	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Regen vom 20/IV.—30/IX.	24589	24589	24589	24589	24589
Ueberschüssiges Wasser in den Gefäßen am Ende des Versuchs	1680	1900	660	380	890
Disponible Wassermengen:	22909	22689	23929	24209	23699
Davon ab die Sickerwasser:	7753	15226	16281	18602	12696
Es verdunsteten demnach:	**15156**	**7463**	**7648**	**5607**	**11003**

Versuch VI (1881).

	Humoser Kalksand.		Lehm.	
	pulverförmig.	bröcklich.	pulverförmig.	bröcklich.
Regen vom 20/IV.—30/IX.	24589	24589	24589	24589
Ueberschüssiges Wasser in den Gefäßen am Ende des Versuchs	4170	2950	3530	1640
Disponible Wassermengen:	20419	21639	21059	22949
Davon ab die Sickerwasser:	1040	3746	2875	4459
Es verdunsteten demnach:	**19379**	**17893**	**18184**	**18490**

Aus diesen Zahlen ergiebt sich mit voller Deutlichkeit,

daß der Boden um so mehr Wasser verdunstet, je feinkörniger er ist.

Die Ursachen hiervon beruhen auf verschiedenen Umständen. Was zunächst die bei dem Sande unter verschiedenen äußeren Verhältnissen gefundenen Unterschiede in den Verdunstungsgrößen betrifft, so sind dieselben auf die durch die Korngröße modifizirte kapillare Wasserleitung und Abtrocknung der Oberfläche dieser Böden zurückzuführen. Nach den Untersuchungen von *H. von Klenze*[1]) läßt sich mit Bestimmtheit annehmen, daß, in Anbetracht der Höhe der Bodenschicht (Versuch I bis III: 20 cm), in den Sortimenten, deren Körner größer waren als 0,5 mm, ein kapillares Aufsteigen bis an die Oberfläche nicht mehr möglich war. In Versuch IV—VI, wo die Mächtigkeit der Bodenschicht sogar 30 cm

[1]) *H. v. Klenze*, Untersuchungen über die kapillare Wasserleitung im Boden und die kapillare Sättigungskapacität des Bodens für Wasser. Landw. Jahrbücher 1877. S. 96—104.

betrug, besaß sicherlich nur noch das feinste Material[1]) die Fähigkeit, das Wasser bis zur äußersten Erdschicht zu leiten. Aus diesen Gründen konnte in den gröberen Kornsorten nur so viel Wasser aus den oberen Schichten verdunsten, als durch Flächenattraction und durch die in geringer Zahl vorhandenen kapillaren Hohlräume festgehalten wurde, während in dem feinkörnigen Sande der an der Oberfläche eintretende Wasserverlust durch kapillares Nachsteigen des Wassers von unten her leicht ersetzt werden konnte. Im Uebrigen ist dann die Verdunstung von dem Wassergehalt der obersten Erdschichten abhängig; je größer derselbe ist, um so stärker muß unter sonst gleichen Verhältnissen die Wasserabgabe sein[2]). Da nun der Wassergehalt der obersten Bodenschichten um so geringer war, je grobkörniger der Boden, so mußte, gleichviel ob das verdunstete Wasser von unten her ersetzt wurde oder nicht, der Verdunstungsverlust um so kleiner ausfallen, je größer die den Boden constituirenden Theilchen waren. In gleichem Grade trocknete die Oberfläche des Bodens ab, d. h. letztere hielt sich um so länger feucht, je feinkörniger das Material war. Auch aus diesem Grunde mußte die Verdunstung mit der Feinheit des Kornes zunehmen, da durch die abgetrocknete Schicht der Einfluß der Verdunstungsfaktoren auf die tiefer gelegenen Bodenparthien wesentlich herabgedrückt wird[3]).

Auf etwas anderen als den vorstehend beschriebenen Ursachen beruhen die geschilderten Unterschiede in der Verdunstung zwischen dem pulverförmigen und krümeligen Boden. Die Bröckchen des letzteren sind nicht mit den gröberen Sandtheilen identisch, da diese für Wasser undurchdringlich sind, während jene ausschließlich die Leitung des Wassers aus der Tiefe nach oben zu besorgen haben, indem die zwischen den Bröckchen befindlichen größeren, sogenannten nicht kapillaren Hohlräume

---

[1]) Bei weiteren, in Aussicht genommenen speziell die Verdunstung betreffenden Untersuchungen sollen noch feinere Kornsorten (0,1; 0,2 mm u. s. w.) angewendet werden, namentlich um festzustellen, ob die Verdunstung, wie *Johnson* gefunden, über ein gewisses Maß der Feinheit der Bodenpartikelchen hinaus wieder abnimmt.

[2]) Vergl. *F. Haberlandt*, Ueber die Verdunstung des Wassers aus dem Boden. Wissenschaftlich praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Wien. 1877. Bd. II. S. 25—37.

[3]) *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Diese Zeitschrift 1880. Bd. III. S. 325.



hierzu unfähig sind. Während nun in dem pulverförmigen Boden, in welchem die sämmtlichen Hohlräume kapillar wirken, der Aufstieg des Wassers an die Oberfläche auf dem kürzesten Wege erfolgt, geht dieser Proceß in dem krümeligen Erdreich nur langsam von Statten, weil das Wasser nur von Bröckchen zu Bröckchen, also mit fortwährenden Unterbrechungen und nur auf Umwegen fortgeleitet wird. Wegen der hierdurch bedingten Verzögerung in der Aufwärtsbewegung des Wassers, von welcher die Böden in um so höherem Grade betroffen werden, je größer die nicht kapillaren Hohlräume, oder mit anderen Worten, je größer die Bröckchen sind, kann die krümelige Erde den oberflächlich durch Verdunstung stattfindenden Wasserverlust nicht in dem Maße decken — und zwar um so weniger, je grobkrümeliger dieselbe ist — wie die pulverförmige. Diese hält sich daher längere Zeit in der obersten Schicht feucht als jene, wo diese Schicht bei trockener Witterung innerhalb verhältnißmäßig kurzer Zeit abtrocknet und so die tiefer gelegenen Erdparthien vor einer stärkeren Austrocknung schützt.

Hiermit wären die Unterschiede, welche sich bei der Verdunstung der Böden unter verschiedenen Strukturverhältnissen zeigen, in ihren Ursachen genügend gekennzeichnet. Es erübrigt nun noch, behufs Erklärung der in Versuchsreihe I hervorgetretenen Erscheinungen, diejenigen Wassermengen in das Auge zu fassen, welche der Boden durch Absickerung in die Tiefe verliert.

Versuchsreihe III (1877, 1880 u. 1881).

Durchlässigkeit des Bodens für Wasser bei verschiedener Struktur.

Zur Prüfung der Durchlässigkeit des Bodens für Wasser bei verschiedener Feinheit der Bodentheilchen wurden sogenannte Lysimeter benutzt.

Diese Apparate bestanden bei dem im Jahre 1877 angestellten Versuch aus einem bis zum Rande in die Erde gegrabenen Cylinder von Zinkblech mit 0,1 □m Grundfläche und mit einem nach unten kegelförmig zugespitzten Boden. An der tiefsten Stelle war ein Bleirohr angesetzt, welches seitwärts und schräg nach abwärts laufend gebogen, in einen 1,7 m tief in die Erde eingelassenen Holzkasten einmündete. Ueber dem trichterförmigen Ende des Cylinders war, von dem oberen Rande 0,5 m abstehend, ein siebartig durchlöcherter Boden angebracht. Die Lysimeter wurden bis zum

Rande mit Erde gefüllt. Die absickernden Wassermengen liefen durch den Siebboden in den trichterförmigen Theil des Apparates und von hier durch die Bleiröhren in den Holzkasten, wo sie durch untergestellte Flaschen aufgefangen wurden.

Die Niederschlagsmenge wurde durch einen Regenmesser bestimmt, dessen kreisförmige Auffangfläche ebenfalls 0,1 □m groß war.

Die in Versuch II (1880) und III (1881) verwendeten Lysimeter bestanden aus 30 cm hohen Zinkgefäßen von quadratischem, 400 □cm fassendem Querschnitt. Unter dem mit Löchern versehenen Boden der Gefäße befand sich ein pyramidenförmiger Trichter, dessen Ränder mit den unteren Kanten der Gefäße zusammengelöthet waren. An der tiefsten Stelle war ein Kautschukschlauch wasserdicht angesetzt, welcher in eine untergestellte Flasche einmündete. Die Lysimeter wurden ebenso wie der Regenmesser in entsprechend weite Fächer eines aus starken Brettern zusammengefügten Holzrahmens gestellt, der auf einem im Freien befindlichen Tisch angebracht war, dessen Platte an derjenigen Stelle, wo die Gummischläuche sich befanden, behufs Durchführung der letzteren nach den untergestellten Sammelflaschen mit einem Schlitz versehen war. Um weiters die seitliche Erwärmung der Versuchsböden zu beschränken, wurde in einer Entfernung von 15 cm von dem Holzrahmen, der zur Aufnahme der Lysimeter diente, ein dickwandiger Mantel aus Brettern angebracht und der dadurch entstandene Zwischenraum mit Erde ausgefüllt.

Außer den bereits in den vorigen Versuchsreihen benutzten Böden kam noch der humose Kalksandboden, die Ackererde des Versuchsfeldes, in Anwendung. Derselbe wurde im trockenen Zustande zerrieben und durch ein Sieb von 0,25 mm Maschenweite gesiebt. Die Feinerde wurde hierauf mit Wasser angefeuchtet, um sie krümelig zu machen und dann getrocknet. Vermittelst Siebe wurden sowohl bei dieser Bodenart als auch bei dem Lehm Bröckchen von 2—9 mm im Durchmesser abgesiebt; der Rest wurde durch Reiben in ein Pulver verwandelt, aus welchem alle Krümel von über 0,25 mm im Durchmesser entfernt wurden.

Das Einfüllen und Aufstellen der Lysimeter im Freien wurde vier Wochen vor Beginn der Versuche besorgt, damit die Böden in der Zwischenzeit sich mit Wasser sättigen konnten.

Die folgenden Tabellen enthalten die gewonnenen Zahlen:

Versuch I (1877).

Datum	Regenmenge per 0,1 □m Fläche	Sickerwasser per 0,1 □m Fläche in ccm — Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand gelber I 0,0-0,5 mm	Quarzsand gelber II 2,5-5,0 mm
April					
15.—20.	785	—	634	935	855
21.—25.	3076	—	1480	1769	2079
26.—30.	975	—	466	1113	1152
Summa	**4836**	**—**	**2580**	**3817**	**4086**
Mai					
1.—5.	715	—	135	685	843
6.—10.	3893	—	1731	2855	3656
11.—15.	490	—	274	749	645
16.—20.	2835	836	1454	2165	2919
21.—25.	1295	535	512	909	1239
26.—31.	1215	—	—	451	821
Summa	**10443**	**1371**	**4106**	**7814**	**10123**
Juni					
1.—5.	945	—	41	944	1148
6.—10.	445	—	—	211	455
11.—15.	294	—	—	91	184
16.—20.	96	—	—	7	24
21.—25.	3833	24	90	1414	2280
26.—30.	415	—	420	843	843
Summa	**6028**	**24**	**551**	**3510**	**4934**
Juli					
1.—5.	4965	5	3140	4143	4401
6.—10.	1612	—	517	883	1115
11.—15.	3660	28	558	1378	2307
16.—20.	5515	3570	5030	5890	6930
21.—25.	2394	938	1057	1617	1981
26.—30.	2490	913	1606	2415	2570
Summa	**20636**	**5454**	**11908**	**16326**	**19304**

Datum	Regenmenge per 0,1 □m Fläche	Sickerwasser per 0,1 □m Fläche in ccm — Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand gelber I 0,0-0,5 mm	Quarzsand gelber II 2,5-5,0 mm
August					
1.—5.	864	—	26	249	385
6.—10.	3135	176	920	2528	2974
11.—15.	4930	1879	1698	3905	4580
16.—20.	975	9	120	577	809
21.—25.	3435	1305	1260	2744	3105
26.—31.	1390	—	44	387	785
Summa	**14729**	**3369**	**4068**	**10390**	**12638**
September					
1.—5.	1256	35	592	1254	1212
6.—10.	1620	445	170	496	881
11.—15.	1040	791	954	1325	1370
16.—20.	1020	149	282	647	524
21.—25.	1188	248	88	380	550
26.—30.	—	23	32	252	421
Summa	**6124**	**1691**	**2118**	**4354**	**4958**
October					
1.—5.	—	—	—	74	152
6.—10.	1245	121	—	284	486
11.—15.	105	8	—	289	266
16.—20.	870	255	15	235	395
21.—25.	435	95	38	174	220
26.—31.	2335	1436	1440	1767	1840
Summa	**4990**	**1915**	**1493**	**2823**	**3359**
Gesammtresultat:					
Vom 15/IV. bis 31/X.	**67786**	**13824**	**26824**	**49034**	**59402**

Versuch II (1880).

Datum	Regenmenge per 400 □cm Fläche	Sickerwasser per 400 □cm Fläche, Quarzsand: I 0,0–0,25 mm	II 0,25–0,50 mm	III 0,5–1,0 mm	IV 1–2 mm	V 0–2 mm
April						
20.—25.	230	—	—	—	—	—
26.—30.	742	—	443	552	730	—
Summa	972	—	443	552	730	—
Mai						
1.—5.	240	—	—	—	—	—
6.—10.	2182	12	1840	1682	1680	1626
11.—15.	400	10	—	420	520	410
16.—20.	400	—	382	220	—	—
21.—25.	460	—	335	386	500	417
26.—31.	2531	1040	2045	2315	2410	2020
Summa	6213	1062	4602	5023	5110	4473
Juni						
1.—5.	721	179	474	534	629	460
6.—10.	945	96	726	865	1145	580
11.—15.	370	60	410	280	130	300
16.—20.	250	26	—	360	350	295
21.—25.	1620	616	1160	1220	1440	1060
26.—30.	386	—	106	442	325	310
Summa	4292	977	2876	3701	4019	3005
Juli						
1.—5.	3420	1530	2620	2290	2443	2200
6.—10.	1080	224	1341	1440	1560	875
11.—15.	520	370	—	500	510	302
16.—20.	674	—	—	330	480	—
21.—25.	932	—	670	795	746	766
26.—31.	828	—	88	392	670	—
Summa	7454	2124	4719	5747	6409	4143

Datum	Regenmenge per 400 □cm Fläche	Sickerwasser per 400 □cm Fläche, Quarzsand: I 0,0–0,25 mm	II 0,25–0,50 mm	III 0,5–1,0 mm	IV 1–2 mm	V 0–2 mm
August						
1.—5.	918	—	452	494	744	640
6.—10.	1512	—	1250	1300	1200	1000
11.—15.	1634	855	1180	1490	1700	1505
16.—20.	496	—	—	—	180	—
21.—25	1896	1044	1830	1870	1885	1490
26.—31.	168	—	—	—	—	—
Summa	6624	1899	4712	5154	5709	4635
Sept.						
1.—5.	—	—	—	—	—	—
6.—10	360	—	—	—	310	270
11.—15.	206	—	—	—	—	—
16.—20.	1605	—	1435	1410	1460	525
21.—25.	510	124	510	304	590	458
Summa	2681	124	1945	1714	2360	1253

Gesammtresultat:

Vom 20/IV. bis 25/IX.	28236	6186	19297	21891	24337	17509

Versuch III (1881).

Datum	Regenmenge per 400 □ cm Fläche	Sickerwasser per 400 □cm Fläche in ccm								
		Quarzsand					Humoser Kalksand		Lehm	
		I 0,0—0,25 mm	II 0,25—0,50 mm	III 0,5—1,0 mm	IV 1,0—2,0 mm	V 0,0—2,0 mm	pulverförmig	bröcklich	pulverförmig	bröcklich
20.—25. April	224	—	—	—	210	—	—	—	—	—
26.—30. »	656	—	—	—	334	—	—	—	—	—
Summa	**880**	—	—	—	**544**	—	—	—	—	—
1.—5. Mai	167	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.—10. »	—	—	—	—	42	—	—	—	—	—
11.—15. »	230	—	156	648	838	—	—	—	—	—
16—20. »	1350	—	—	104	265	—	—	—	—	—
21.—25. »	395	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.—31. »	7206	4913	6213	5906	6348	5959	1010	2196	2355	2980
Summa	**9348**	**4913**	**6369**	**6658**	**7493**	**5959**	**1010**	**2196**	**2355**	**2980**
1.—5. Juni	57	—	—	—	—	—	—	12	—	—
6.—10. »	2298	1210	1830	1865	2265	1655	30	254	300	252
11.—15. »	210	—	—	—	—	—	—	8	—	150
16.—20. »	454	—	—	300	330	—	—	—	—	—
21.—25. »	949	—	94	—	430	—	—	—	—	—
26.—30. »	846	—	798	815	628	670	—	—	—	—
Summa	**4814**	**1210**	**2722**	**2980**	**3653**	**2325**	**30**	**274**	**300**	**402**
1.—5. Juli	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.—10. »	240	—	—	220	250	—	—	—	—	—
11.—15. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.—20. »	305	—	1300	1320	1472	900	—	—	—	—
21.—25. »	1756	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.—31. »	282	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa	**2583**	—	**1300**	**1540**	**1722**	**900**	—	—	—	—
1.—5. August	135	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.—10. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.—15. »	256	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.—20. »	1022	—	650	865	880	414	—	—	—	—
21.—25. »	1444	250	1230	1160	1210	930	—	350	—	150
26.—31. »	1484	980	1325	1380	1340	1130	—	630	—	541
Summa	**4341**	**1230**	**3205**	**3405**	**3430**	**2474**	—	**980**	—	**691**
1.—5. Sept.	791	400	500	612	762	548	—	296	220	288
6.—10. »	348	—	246	240	108	14	—	—	—	—
11.—15. »	76	—	—	—	116	—	—	—	—	—
16.—20. »	294	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.—25. »	324	—	148	210	146	—	—	—	—	—
26.—30. »	790	—	736	636	628	476	—	—	—	98
Summa	**2623**	**400**	**1630**	**1698**	**1760**	**1038**	—	**296**	**220**	**386**

Gesammtresultat:

	Regen.	Quarzsand. I.	II.	III.	IV.	V.
Vom 20/IV.—30/IX. 1881.	24589	7753	15226	16281	18602	12696

	Humoser Kalksand pulverförmig	bröcklich	Lehm pulverförmig	bröcklich
» »	1040	3746	2875	4459.

Diese Zahlen zeigen mit großer Uebereinstimmung

1) daß die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser mit der Feinheit der Bodenpartikel abnimmt,
2) in Gemischen verschiedener Kornsorten eine, zwischen den Extremen stehende mittlere Größe besitzt, und
3) im pulverförmigen Zustande des Bodens beträchtlich geringer ist, als im bröcklichen.

Die sub I bezeichneten Gesetzmäßigkeiten finden ihre Erklärung einfach in dem Umstande, daß die Abwärtsbewegung des Wassers von oben nach unten in dem Grade beschleunigt wird, als die derselben sich entgegenstellenden Widerstände abnehmen, d. h. als die Kapillarität, die Adhäsion und die Reibung des Wassers an den Bodentheilchen geringer werden. Da diese Kräfte im umgekehrten Verhältniß zu der Größe der zwischen den Bodenpartikeln befindlichen Hohlräume, resp. mit der vom Wasser benetzten Fläche wachsen, so bietet die Thatsache, daß die grobkörnigen Böden das Wasser besser durchlassen als die feinkörnigen, nichts Auffälliges dar.

Weniger verständlich ist die durch Satz 2 charakterisirte Erscheinung insofern, als man in Rücksicht auf die dichtere Zusammenlagerung der Bodentheilchen, hervorgerufen durch Einschiebung der kleineren Partikel in die von den größeren gebildeten Hohlräume, — worauf schon das höhere Volumgewicht hindeutet (siehe Seite 150) —, annehmen sollte, daß dadurch das Eindringen des Wassers in den Boden wesentlich verlangsamt werden und noch mehr erschwert sein müßte, als in dem feinkörnigsten Material. Da dies nicht der Fall ist und das Gemisch eine im Vergleich zu den Extremen mittlere Durchlässigkeit besitzt, so läßt sich das in Rede stehende Verhalten nur aus dem Mengenverhältniß der den Sand im natürlichen Zustande zusammensetzenden Körnersorten erklären. Wie oben angeführt (Seite 149), enthielt diese Bodenart von dem feinsten Material nur 10,85, von dem gröbsten 6,45 %, während die

mittelfeinen Sortimente in einer Menge von 82,55 % darin auftraten. Letztere mußten demnach ausschlaggebend für die Durchlässigkeit sein[1]).

Die Ursachen der bei dem pulverförmigen und krümeligen Lehm hervorgetretenen Unterschiede in der Durchlässigkeit zu ergründen, hat bei Kenntniß von den die Wasserbewegung im Boden bestimmenden Einflüssen keine Schwierigkeit. In dem krümeligen Lehm sinkt das Wasser vermöge seiner eigenen Schwere zum größeren Theil in den nicht kapillaren Hohlräumen in die Tiefe, in dem pulverförmigen Boden kann es sich dagegen nur auf kapillarem Wege fortbewegen, wodurch sein Vordringen nach abwärts nothwendiger Weise eine bedeutende Verzögerung erleiden muß[2]).

Die Abnahme der Durchlässigkeit des krümeligen Bodens im Laufe der Zeit erklärt sich einfach dadurch, daß ein Theil der Bröckchen durch Verschlemmung allmälig vernichtet wird.

Aus allem bisher Angeführten ergiebt sich unzweifelhaft, daß die in Versuchsreihe I ermittelten Resultate nicht aus einer einzigen Ursache erklärt werden können, vielmehr daß der Wassergehalt des Bodens bei verschiedener Struktur von einer Reihe verschiedener, theils sich unterstützender, theils gegenseitig aufhebender Faktoren beherrscht wird. Die in dem Erdreich enthaltenen Feuchtigkeitsmengen werden zwar zunächst von der Wasserkapacität abhängig sein, — und in dieser Beziehung wird der Boden um so weniger Wasser enthalten müssen, je grobkörniger er ist und je größer die Zahl der nicht kapillaren Hohlräume ist —, allein weiterhin sind die übrigen, von der Struktur abhängigen Faktoren allein maßgebend. Wie gezeigt, wächst die Verdunstung mit der Feinheit der Bodenpartikelchen in außerordentlichem Grade. Bei trockener Witterung kann daher der feinkörnige Boden unter Umständen relativ viel mehr Wasser verlieren, als der grobkörnige, wodurch die Unterschiede in den Feuchtigkeitsmengen, wie solche durch die Wasserkapacität bedingt sind, geringer werden, sich ausgleichen und bei gewissen, das Wasser vorzüglich kapillar nach aufwärts leitenden Körnersortimenten in umgekehrtem Verhältniß sich bemerkbar machen müssen. Einen sehr eclatanten Fall

---

[1]) Dasselbe gilt selbstredend auch für die Verdunstung, welche, wie oben gezeigt, bei dem Gemisch gegenüber derjenigen bei den verschiedenen Korngrößen eine mittlere Größe annahm.

[2]) Vergl. *H. v. Klenze*, a. a. O. S. 113.

solcher Art zeigen die Tabellen A und C, Versuchsreihe I. Vergleicht man hier den Wassergehalt des feinsten Quarzsandes (I) mit dem des nächstfeinen (II), so findet man zwar in der Mehrzahl der Fälle den ersteren nicht unbeträchtlich höher als den letzteren, aber am 23. Mai tritt ein Ausgleich ein und in der Periode vom 13. Juni bis 4. Juli und vom 18. bis 25. Juli ist das feine Material trockener als das gröbere; letzteres unzweifelhaft aus dem Grunde, weil in diesen Zeitabschnitten, wie die im Anhange beigegebenen Witterungstabellen darthun, große Trockenheit und warmes Wetter herrschten, wodurch die Verdunstung in dem das Wasser an die Oberfläche vorzüglich leitenden Quarzsand I eine derartige Steigerung erfuhr, daß derselbe mehr austrocknete als der Quarzsand II.

Weiters ist für die Feuchtigkeitsmengen des Bodens bei verschiedener Struktur das Verhältniß der Verdunstung zu der Durchlässigkeit maßgebend. Beide wirken in entgegengesetzter Richtung. Wie gezeigt, verdunstet der Boden um so mehr Wasser, je feinkörniger derselbe und je größer die Zahl der in ihm auftretenden kapillaren Hohlräume ist, während in demselben Verhältniß die Durchlässigkeit abnimmt. Der stärkeren Abgabe von Wasser an der Oberfläche steht eine geringere in die Tiefe gegenüber. Sobald nun das Verhältniß des verdunsteten Wassers zu dem durchsickerten ein solches ist, daß dieses genau um so viel geringer als jenes größer ist oder mit anderen Worten, daß die Summe beider die gleiche ist, wird nothwendiger Weise bei gleicher Zufuhr der atmosphärischen Niederschläge ein Ausgleich in dem Wassergehalt des Bodens bei verschiedener Struktur eintreten müssen. Einen vollgültigen Beleg hierfür liefern die bei dem krümeligen Lehm (II—IV) erhaltenen Resultate. Obwohl die drei Sortimente sich in den Größenverhältnissen ihrer Krümel sehr wesentlich von einander unterschieden, blieb sich ihr Wassergehalt dennoch während der ganzen Versuchsdauer gleich [1]). Die relativ geringen Unterschiede in den Feuchtigkeitsmengen der beiden gröbsten Kornsorten des Quarzsandes (III und IV) sind ebenfalls auf

[1]) Man könnte vermuthen, daß durch Verschlemmung die Krümelstruktur zerstört und dadurch eine gleichmäßige, auf den Wassergehalt in gleichem Grade einwirkende Beschaffenheit der Lehmsortimente herbeigeführt worden sei. Eine solche Annahme würde sich indessen mit der Thatsache, daß nach Beendigung des Versuchs sich bei dem Entleeren der Versuchskästen die Mehrzahl der Krümel fast vollständig erhalten zeigte, nicht in Uebereinstimmung bringen lassen.



dieselben Ursachen zurückzuführen, welche für das eigenthümliche Verhalten der Lehmbröckchen maßgebend waren.

Faßt man alle vorausgegangenen Beobachtungen[1]) und Erwägungen zusammen, so gelangt man zu nachstehenden Folgerungen:

1) Der Wassergehalt der Böden wächst im Allgemeinen mit der Feinheit der Bodenpartikel und ist im pulverförmigen Zustande derselben bedeutend größer als im krümeligen, weil mit der Abnahme der Korngröße, resp. durch die Pulverung die vom Wasser benetzte Oberfläche und die Zahl der kapillar wirkenden Hohlräume zunehmen, sowie die Abwärtsbewegung des in den Boden eingedrungenen atmosphärischen Wassers bedeutend verlangsamt wird.

2) Der Boden verdunstet um so größere Wassermengen, je kleiner die ihn zusammensetzenden Bodentheilchen sind, weil in demselben Maße die Wasserkapacität und die kapillare Leitung des Wassers an die Oberfläche zunehmen.

3) Die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser steht in geradem Verhältniß zur Größe der Bodenpartikel, resp. der Krümel, weil die der Abwärtsbewegung des Wassers sich entgegenstellenden Widerstände (Adhäsion, Reibung und Kapillarität) um so kleiner werden, je gröber die Bodenpartikel und je mehr nicht kapillare Hohlräume in dem Boden enthalten sind.

4) Die Wirkung der Verdunstung in der ad 2 geschilderten Weise macht sich besonders bei anhaltender Trockenheit, höherer Lufttemperatur und stärkeren Luftströmungen geltend, wodurch die Unterschiede in dem Wassergehalt der Böden bei verschiedener Structur (1) geringer werden, unter Umständen verschwinden oder in entgegengesetzter Richtung in die Erscheinung treten.

5) Durchlässigkeit und Verdunstung stehen nicht selten, namentlich bei verschiedener Größe der Bodenkrümel, in einem umgekehrt proportionalen Verhältniß, derart, daß ein Ausgleich in dem Wassergehalt eintritt, trotzdem der innere Bau des Bodens ein verschiedener ist.

B. Einfluß der Struktur des Bodens auf dessen Temperaturverhältnisse.

Um ein möglichst vollständiges Bild von den Temperaturverhältnissen des Bodens bei verschiedener Struktur zu gewinnen, wurden die betreffenden Beobachtungen sowohl im trockenen, wie im feuchten Zustande des Materials und in verschiedenen Jahren und Jahreszeiten angestellt. Die Herrichtung der Versuchsböden erfolgte in derselben Weise,

[1]) Referent behält sich die weitere Verfolgung des Gegenstandes vor.



wie sub A angegeben, nur in der Größe und Aufstellung der Gefäße unterschieden sich diese Versuche von jenen in einigen unwesentlichen Details.

Versuchsreihe I (1876, 1879 u. 1881).

Temperatur des Bodens von verschiedener Struktur im trockenen Zustande während der wärmeren Jahreszeit.

In Versuch I wurden die Böden in *Ebermayer*'sche Evaporationsapparate, in Versuch V in Holzkästen, aus 3 cm starken Brettern angefertigt, gefüllt und auf einem im Freien befindlichen Tisch aufgestellt. Um die seitliche Erwärmung der Böden in den *Ebermayer*'schen Verdunstungsgefäßen zu beschränken, wurden diese bis zum Rande mit einem Brettermantel umgeben. Zur Aufnahme der Böden in den Versuchen von 1879 (II, IV) und 1881, mit Quarzsand ausgeführten, dienten Zinkkästen, welche in die Fächer eines bis zum Rande in die Erde eingelassenen Holzkastens gesetzt wurden, so daß sich die Oberfläche der Böden mit derjenigen des umgebenden Ackerlandes in demselben Niveau befand. Die Dimensionen der Versuchskästen waren folgende:

		Querschnitt.	Tiefe.
Versuch	I	1063 □cm	20 cm
»	II—IV	400 »	20 »
»	V	625 »	20 ».

Die in den folgenden Tabellen aufgeführten Zahlen geben die Temperatur des Bodens in 10 cm Tiefe an. Die Lufttemperatur wurde an einem Thermometer abgelesen, welches im Schatten, mit der Kugel 1 m über dem Boden aufgestellt war.

Versuch I (1876).

6. August 1876.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand fein 0,0-0,5 mm	Quarzsand grob 2,0-4,5 mm
12 Uhr	16,2	24,4	24,2	24,8	24,6
2 »	15,8	22,4	22,4	22,6	22,4
4 »	16,2	21,6	21,6	21,6	21,4
6 »	19,8	20,8	20,8	20,8	20,6
8 »	23,1	21,0	20,8	20,6	20,6
10 »	24,5	23,4	23,0	23,0	23,6
12 »	27,1	26,2	26,0	26,1	27,4
2 »	24,8	29,4	29,6	29,8	31,0
4 »	25,6	31,0	31,0	31,6	32,4
6 »	20,6	30,4	30,4	31,2	31,6
8 »	19,0	28,8	28,8	29,4	29,4
10 »	17,3	26,2	26,2	26,6	26,4
Mittel	20,83	**25,47**	**25,40**	**25,67**	**25,95**
Schwankungen	11,3	10,2	10,2	11,0	11,8

Witterung:

Von Mn. bis $1^1/_2$ U. fr. kl., dann bew. u. r.; v. Mg. 5 U. ab abw. bew. Von Vorm 11 U. ab ver. u. schw. W. Von 1 U. ab bew. u. mst. W. Von $5^1/_2$ U. ab st. W. u. bew. Von $10^3/_4$ U. Ab. ab ver. Von $5^1/_2$ U. Nachm. bis $10^3/_4$ U. Ab. bed.

7. August 1876.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand fein 0,0-0,5 mm	Quarzsand grob 2,0-4,5 mm
12 Uhr	15,0	25,0	25,0	25,2	25,0
2 »	14,0	23,0	23,0	23,2	21,8
4 »	12,1	21,0	20,9	20,8	20,4
6 »	14,3	20,2	20,0	20,0	19,6
8 »	19,1	19,9	19,8	19,6	19,5
10 »	21,2	21,8	21,5	21,4	21,8
12 »	24,3	25,4	25,1	25,0	26,5
2 »	25,0	28,8	28,8	29,0	30,0
4 »	25,2	30,6	30,6	31,2	32,0
6 »	22,0	30,5	30,8	31,5	32,1
8 »	16,8	28,5	28,6	29,4	29,6
10 »	13,2	25,4	25,6	26,4	26,2
Mittel	18,52	**25,00**	**24,98**	**25,22**	**25,38**
Schwankungen	13,1	10,7	11,0	11,9	12,6

Witterung:

Von Mn. bis Mg. 4 U. abw. bew., dann kl. den ganzen Tag.

8. August 1876.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand fein 0,0-0,5 mm	Quarzsand grob 2,0-4,5 mm
12 Uhr	11,6	22,8	23,0	23,4	23,2
2 »	10,6	21,0	21,0	21,2	21,0
4 »	8,2	19,2	19,2	19,4	19,0
6 »	12,4	17,0	18,0	18,0	17,8
8 »	20,1	18,0	18,0	17,9	17,8
10 »	24,1	20,6	20,4	20,4	20,8
12 »	26,3	24,1	23,9	24,0	25,3
2 »	27,3	28,0	27,8	28,2	29,2
4 »	27,2	30,2	30,2	30,9	31,5
6 »	23,4	30,4	30,4	31,2	31,6
8 »	19,3	28,1	28,0	29,0	29,0
10 »	17,0	25,2	25,2	26,0	25,4
Mittel	18,95	**23,72**	**23,76**	**24,13**	**24,30**
Schwankungen	19,1	13,4	12,4	13,3	13,8

Witterung:

Von Mn. bis Vorm. kl. Von 9 U. Vorm. ab schw. W., dann bis Nachm. kl. u. st. W. Von 3 U. Nachm. ab schw. W. Im Uebrigen kl.

9. August 1876.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand fein 0,0-0,5 mm	Quarzsand grob 2,0-4,5 mm
12 Uhr	14,0	23,0	23,2	23,7	23,4
2 »	12,0	20,2	20,4	20,6	20,2
4 »	10,6	19,8	19,8	20,0	19,6
6 »	14,6	18,6	18,6	18,6	18,4
8 »	22,1	18,6	18,6	18,6	18,4
10 »	26,0	21,0	21,0	21,0	21,4
12 »	26,8	24,8	24,8	24,8	26,2
2 »	29,4	28,4	28,3	28,6	29,6
4 »	29,0	30,3	30,4	30,9	31,8
6 »	25,0	30,6	30,8	31,5	32,0
8 »	19,4	28,4	28,4	29,0	29,4
10 »	17,0	26,0	26,0	26,6	26,4
Mittel	20,49	**24,14**	**24,19**	**24,49**	**24,73**
Schwankungen	18,8	12,0	12,2	12,9	13,6

Witterung:

Bis 10 U. Vorm. kl. Von da ab th. bew.; von 2 U. ab abw. bew. u. st. W., dann kl. u. r. bis Mn.

10. August 1876.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand fein 0,0-0,5 mm	Quarzsand grob 2,0-4,5 mm
12 Uhr	15,4	23,6	23,6	24,0	23,6
2 »	14,2	22,0	22,2	22,4	22,2
4 »	13,6	20,6	20,6	20,6	20,2
6 »	16,3	19,6	19,6	19,6	19,4
8 »	21,7	19,5	19,4	19,4	19,2
10 »	27,0	21,6	21,2	21,2	21,6
12 »	29,1	25,1	24,7	24,8	26,0
2 »	29,1	28,0	27,6	28,0	28,8
4 »	28,6	29,0	28,6	29,3	29,8
6 »	25,8	29,0	28,9	29,5	30,0
8 »	20,4	27,6	27,2	28,0	28,0
10 »	16,8	25,2	25,2	25,8	25,7
Mittel	21,50	**24,23**	**24,07**	**24,38**	**24,54**
Schwankungen	14,5	9,5	9,5	10,1	10,8

Witterung:

Kl. u. schw. W. Von 8½ U. Vorm. ab th. bew. u. st. W. bis 1 U., dann bew. u. st. W. Ab. bis Mn. kl.

11. August 1876.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Quarzsand fein 0,0-0,5 mm	Quarzsand grob 2,0-4,5 mm
12 Uhr	13,2	22,6	22,6	23,0	22,8
2 »	12,0	21,0	20,8	21,0	20,8
4 »	10,6	19,6	19,6	19,4	19,0
6 »	12,4	18,4	18,2	18,2	18,0
8 »	22,4	18,4	18,2	18,2	18,2
10 »	27,1	21,2	21,2	21,0	21,6
12 »	28,0	24,2	24,2	24,0	25,0
2 »	29,4	28,0	28,4	28,4	29,2
4 »	28,6	30,6	31,1	31,4	32,0
6 »	25,3	30,9	31,4	32,0	32,6
8 »	20,0	29,4	29,4	30,2	30,4
10 »	15,0	25,8	26,0	26,6	26,4
Mittel	20,33	**24,17**	**24,26**	**24,45**	**24,67**
Schwankungen	18,8	12,5	13,2	13,8	14,6

Witterung:

Kl. u. schw. W. Von Ab. 6 U. ab kl. u. r.

12. August 1876.

12 Uhr	13,0	23,0	23,0	23,4	23,2
2 »	12,6	21,2	21,2	21,0	20,8
4 »	12,0	20,0	20,0	20,0	19,8
6 »	13,8	19,0	19,0	18,9	18,6
8 »	21,7	18,9	18,7	18,6	18,6
10 »	25,4	21,4	21,0	21,2	21,6
12 »	27,6	24,9	24,8	24,8	25,6
2 »	27,8	28,2	28,2	28,6	29,4
4 »	27,4	30,2	30,2	30,8	31,5
6 »	24,0	30,0	30,2	31,0	31,4
8 »	20,6	28,6	28,6	29,6	29,6
10 »	18,7	25,8	25,8	26,4	26,4
Mittel	20,38	**24,27**	**24,23**	**24,53**	**24,71**
Schwankungen	15,8	11,3	11,5	12,4	12,9

Witterung:

Kl. Von 6—10 U. Vorm. schw. W., von da ab st. W. Ab. v. 6 U. ab schw. W.

13. August 1876.

12 Uhr	14,8	23,0	23,2	23,4	23,2
2 »	11,8	21,8	21,8	22,0	21,8
4 »	10,4	20,0	20,0	20,2	19,8
6 »	14,6	18,6	18,6	18,6	18,4
8 »	19,7	18,6	18,2	18,2	18,2
10 »	25,1	20,4	20,2	20,2	20,4
12 »	26,8	24,4	24,2	24,4	25,4
2 »	29,4	27,4	27,4	27,6	27,6
4 »	29,0	30,2	30,4	31,0	31,6
6 »	24,6	30,4	30,6	31,4	32,0
8 »	21,0	29,0	29,4	30,2	30,4
10 »	19,0	25,8	26,0	26,6	26,4
Mittel	20,52	**24,13**	**24,17**	**24,48**	**24,60**
Schwankungen	19,0	11,8	12,4	13,2	13,8

Witterung:

Kl. u. schw. W. bis Vorm. 10 U., dann bis Ab. st. W. Von 8 U. Ab. ab r., sonst kl.

Versuch II.

30. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0-0,5 mm	1—2 mm	2,0-4,5 mm	4,50—6,75 mm
12 Uhr	16,0	20,0	19,4	19,4	19,6
2 »	15,6	19,0	18,7	18,7	18,9
4 »	15,1	18,0	17,4	17,4	17,6
6 »	14,8	17,1	16,6	16,6	17,0
8 »	20,4	16,8	16,6	16,8	17,0
10 »	23,3	17,9	18,7	18,7	18,9
12 »	26,6	20,2	22,0	21,9	21,8
2 »	26,4	23,8	26,2	26,0	25,6
4 »	25,9	25,5	27,6	27,2	26,6
6 »	21,9	25,9	27,2	26,7	26,3
8 »	18,0	24,8	25,0	24,8	24,6
10 »	16,0	23,0	22,8	22,4	22,4
Mittel	20,00	**20,99**	**21,51**	**21,38**	**21,36**
Schwankungen	11,8	9,1	11,0	10,6	9,6

Witterung:

Kl. u. schw. W. Fr. nb. Ab. th. bew.

31. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0-0,5 mm	1—2 mm	2,0-4,5 mm	4,50—6,75 mm
12 Uhr	15,4	21,5	21,0	20,8	20,7
2 »	14,8	20,4	20,0	20,0	19,9
4 »	15,2	19,6	19,2	19,2	19,2
6 »	15,7	19,0	18,8	18,8	18,8
8 »	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
10 »	22,2	19,9	19,9	19,8	19,9
12 »	26,0	21,1	21,1	21,0	21,2
2 »	23,9	22,8	23,7	23,4	23,5
4 »	22,6	24,9	25,5	25,0	24,8
6 »	20,5	25,0	25,1	24,4	24,0
8 »	17,5	23,9	23,5	23,0	22,6
10 »	—	—	—	—	—
Mittel	19,31	**21,52**	**21,51**	**21,27**	**21,20**
Schwankungen	11,2	6,4	6,9	6,4	6,2

Witterung:

Bew. u. st. W. bis 1½ U. M., dann G. bis 3 U., dann bew. Bis 6 U. Ab. nb. u. th. bew., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. bew. u. st. W.

3. September 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0-0,5 mm	1—2 mm	2,0-4,5 mm	4,50—6,75 mm
12 Uhr	8,5	17,2	17,2	17,0	16,6
2 »	6,6	15,0	15,0	14,7	14,6
4 »	5,0	13,6	13,6	13,4	13,4
6 »	5,4	13,0	13,2	13,0	13,0
8 »	15,2	12,8	13,2	13,1	13,2
10 »	19,9	13,8	15,0	15,2	15,4
12 »	21,4	16,4	18,5	19,2	18,9
2 »	23,3	19,8	22,3	22,9	22,3
4 »	23,0	21,9	24,1	24,6	23,8
6 »	19,0	22,6	24,1	24,5	23,5
8 »	14,8	21,7	22,4	22,4	21,6
10 »	12,4	19,6	19,8	19,7	19,2
Mittel	15,54	**17,28**	**18,20**	**18,31**	**17,95**
Schwankungen	18,3	9,6	10,9	11,6	10,8

Witterung:

Kl. Vorm. schw. W. M. mst. W. Nachm. schw. W. Ab. r.

4. September 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0-0,5 mm	1—2 mm	2,0-4,5 mm	4,50—6,75 mm
12 Uhr	8,5	18,0	17,9	17,8	17,6
2 »	8,4	16,6	16,6	16,5	16,2
4 »	7,9	15,4	15,4	15,2	15,0
6 »	8,3	14,6	14,6	14,5	14,4
8 »	18,6	14,0	14,4	14,3	14,4
10 »	23,4	15,2	16,4	16,6	16,7
12 »	26,5	18,0	20,0	20,6	20,4
2 »	28,4	21,5	23,8	24,5	24,0
4 »	27,8	23,8	25,8	26,4	25,8
6 »	22,2	24,5	25,8	26,0	25,3
8 »	17,2	23,3	23,8	23,7	23,0
10 »	14,6	21,6	21,4	21,4	20,8
Mittel	17,65	**18,87**	**19,65**	**19,79**	**19,46**
Schwankungen	20,5	10,5	11,4	12,1	11,4

Witterung:

Kl. Vorm. schw. W. M. st. W. Nachm. schw. W. Ab. r. u. schw. bew.

5. September 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Gelber Quarzsand			
		Korngröße			
		0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50 - 6,75 mm
12 Uhr	13,8	20,2	20,0	19,9	19,6
2 »	13,8	19,8	19,6	18,6	18,2
4 »	11,0	17,6	17,4	17,4	17,2
6 »	10,0	16,6	16,5	16,4	16,2
8 »	19,1	15,9	16,0	16,0	16,0
10 »	23,2	16,9	17,8	18,1	18,0
12 »	25,4	19,1	20,8	21,4	21,3
2 »	25,6	22,0	24,0	24,6	24,2
4 »	25,3	23,8	25,6	26,0	25,4
6 »	21,8	24,3	25,4	25,6	25,0
8 »	18,4	23,4	24,0	24,2	23,4
10 »	16,0	21,7	21,7	21,7	21,2
Mittel	18,62	**20,11**	**20,73**	**20,82**	**20,47**
Schwankungen	15,6	8,4	9,6	10,0	9,4

Witterung:

Bis Fr. kl., dann nb. Der Himmel schw. bew. bis Ab., dann kl. Vorm. schw. W. u. Nachm. mst. W. Ab. r.

6. September 1879.

12 Uhr	11,6	19,4	19,4	19,2	18,3
2 »	11,0	18,2	18,0	18,0	17,6
4 »	10,0	16,9	16,8	16,7	16,6
6 »	11,0	16,3	16,2	16,2	16,0
8 »	18,0	15,8	16,0	16,0	16,0
10 »	20,6	16,6	17,4	17,7	17,6
12 »	25,2	19,0	20,7	21,3	21,2
2 »	25,8	22,2	24,3	25,0	24,6
4 »	23,4	23,8	25,6	26,0	25,4
6 »	19,6	23,7	24,6	24,9	24,2
8 »	18,2	22,8	23,2	23,3	22,7
10 »	17,8	—	—	—	—
Mittel	17,68	**19,52**	**20,20**	**20,39**	**20,02**
Schwankungen	15,8	8,0	9,6	10,0	9,4

Witterung:

Bis Fr. kl., dann nb. Vorm. kl. u. schw. W. M. st. W. Nachm. schw. W., um 3 U. G., dann bew. u. schw. W. Ab. 9½ R.

Versuch III.

22. Juni 1881.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand I 0,0-0,25 mm	Weißer Quarzsand II 0,25-0,50 mm	Weißer Quarzsand III 0,5-1,0 mm	Weißer Quarzsand IV 1—2 mm	Weißer Quarzsand V gemischt	Gelber Quarzsand I 0,0—0,5 mm	Gelber Quarzsand II 1—2 mm	Gelber Quarzsand III 2—4,5 mm	Gelber Quarzsand IV 4,5—6,75 mm
12 Uhr	17,4	21,4	21,3	21,4	21,4	21,2	21,2	21,4	20,9	20,4
2 »	16,8	19,6	19,6	19,7	19,7	19,6	19,6	19,6	19,6	18,9
4 »	14,0	18,2	18,3	18,3	18,3	18,2	18,2	18,0	17,8	17,4
6 »	24,4	17,1	17,1	17,0	17,2	17,0	16,9	17,0	16,8	16,6
8 »	26,9	18,0	17,9	18,0	18,0	17,9	17,8	18,4	18,3	18,6
10 »	30,1	21,6	21,5	21,8	21,9	21,6	21,8	23,2	22,8	23,7
12 »	31,4	25,6	25,5	26,0	26,2	25,9	26,2	27,9	27,2	28,4
2 »	33,6	29,4	29,4	30,0	30,4	29,8	30,4	32,2	31,1	32,0
4 »	32,9	31,4	31,4	32,0	32,6	32,0	32,6	34,2	33,2	33,8
6 »	29,4	31,1	31,1	31,7	32,2	31,6	32,4	33,4	32,4	32,5
8 »	24,4	29,2	29,2	29,8	30,0	29,6	30,4	30,7	29,8	29,6
10 »	18,3	26,4	26,4	26,7	26,8	26,7	27,1	27,3	26,4	25,8
Mittel	24,97	**24,08**	**24,06**	**24,37**	**24,56**	**24,26**	**24,55**	**25,27**	**24,69**	**24,81**
Schwankungen	19,6	14,3	14,3	15,0	15,4	15,0	15,7	17,2	16,4	17,2

Witterung:

Den ganzen Tag kl. M. schw. W., sonst r.

23. Juni 1881.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand I	Weißer Quarzsand II	Weißer Quarzsand III	Weißer Quarzsand IV	Weißer Quarzsand V	Gelber Quarzsand I	Gelber Quarzsand II	Gelber Quarzsand III	Gelber Quarzsand IV
12 Uhr	17,6	24,2	24,2	24,3	24,4	24,4	24,7	24,9	24,0	23,4
2 »	17,2	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,2	22,2	21,6	21,0
4 »	17,4	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,9	21,0	20,6	20,2
6 »	23,3	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,1	19,8	19,5
8 »	15,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,4	20,5	21,2	20,8	20,8
10 »	21,8	20,4	20,6	20,6	20,6	20,4	20,4	20,8	20,6	20,6
12 »	25,2	23,4	23,3	23,6	23,8	23,5	23,9	24,9	24,6	25,5
2 »	27,0	28,4	28,6	29,2	29,6	29,0	29,8	30,9	30,2	31,0
4 »	25,4	28,3	28,4	29,0	29,2	28,8	29,6	30,2	29,5	29,6
6 »	22,2	26,4	26,4	26,9	27,0	26,7	27,4	27,6	26,8	26,5
8 »	19,6	24,8	24,8	25,2	25,2	25,2	25,5	25,6	24,9	24,6
10 »	18,1	23,6	23,6	24,0	24,0	24,0	24,3	24,3	23,6	23,3
Mittel	20,87	**23,57**	**23,61**	**23,85**	**23,93**	**23,77**	**24,10**	**24,47**	**23,92**	**23,83**
Schwankungen	11,4	8,4	8,6	9,2	9,6	9,0	9,8	10,8	10,4	11,5

Witterung:

Bis 5 U. Mg. th. bew., von da ab bew. u. mst. W. Von 7$\frac{3}{4}$—8 U. fr. St. u. st. G.-R., dann bis 9 U. abw. R. u. r. Hierauf ver. Nachm. th. bew. u. mst. W. Ab. bew. u. r. Von 10 U. ab R. . Von 7 U. Ab. ab bed., ebenso fr. von 7—8$\frac{1}{2}$ U.

24. Juni 1881.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand I 0,0-0,25 mm	Weißer Quarzsand II 0,25-0,50 mm	Weißer Quarzsand III 0,5—1,0 mm	Weißer Quarzsand IV 1—2 mm	Weißer Quarzsand V gemischt	Gelber Quarzsand I 0,0—0,5 mm	Gelber Quarzsand II 1—2 mm	Gelber Quarzsand III 2,0—4,5 mm	Gelber Quarzsand IV 4,5-6,75 mm
12 Uhr	17,5	22,4	22,4	22,8	22,7	22,7	23,0	23,0	22,3	22,0
2 »	16,8	21,3	21,3	21,6	21,4	21,4	21,7	21,7	21,0	20,7
4 »	17,4	20,2	20,2	20,4	20,2	20,2	20,4	20,4	19,8	19,5
6 »	20,2	19,2	19,2	19,2	19,0	19,2	19,2	19,2	18,8	18,6
8 »	21,1	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,8	19,4	19,3
10 »	24,4	21,7	21,8	21,9	22,2	21,8	21,2	22,9	22,6	23,2
12 »	27,1	25,4	25,4	25,8	26,3	25,7	26,0	27,4	27,0	27,7
2 »	27,8	29,0	29,1	29,8	30,6	29,6	30,2	31,8	31,0	31,6
4 »	27,0	30,6	30,6	31,4	32,2	31,2	32,2	33,4	32,6	32,8
6 »	27,2	29,6	29,8	30,4	30,7	30,2	31,2	31,7	30,8	30,6
8 »	23,1	28,2	28,3	28,8	28,9	28,8	29,3	29,6	28,8	28,6
10 »	20,4	26,4	26,6	27,0	26,8	27,1	27,2	27,2	26,5	26,0
Mittel	22,50	**24,44**	**24,51**	**24,88**	**25,03**	**24,77**	**25,08**	**25,67**	**25,05**	**25,05**
Schwankungen	11,0	11,4	11,4	12,2	13,2	12,0	13,0	14,2	13,8	14,2

Witterung:

Fr. th. bew., dann kl. u. schw. W. Nachm. 4 U. G. Von 8½—9 U. Ab. R., dann bew. Von Mn. bis Mg. 3 U. u. 7½ U. Ab. ab bed.

25. Juni 1881.

12 Uhr	19,0	25,0	25,2	25,5	25,3	25,6	25,4	25,4	24,7	24,1
2 »	18,1	23,9	24,1	24,4	24,2	24,5	24,0	24,0	23,7	22,9
4 »	17,2	22,6	22,9	23,2	23,0	23,2	22,8	22,8	22,2	21,6
6 »	19,6	21,6	22,9	22,2	22,0	22,0	21,8	21,8	21,0	20,6
8 »	22,8	21,6	21,8	22,0	22,0	22,0	21,8	22,0	21,6	21,4
10 »	24,0	22,6	22,8	23,4	23,2	23,1	23,0	23,4	23,0	23,2
12 »	26,4	25,5	25,6	26,0	26,4	26,3	26,4	27,5	26,9	27,5
2 »	27,7	27,8	28,1	28,4	29,0	28,8	29,1	30,2	29,4	29,9
4 »	25,5	29,4	29,5	30,0	30,5	30,2	30,8	31,8	30,7	31,0
6 »	21,7	27,8	28,2	28,7	28,9	28,8	29,2	29,8	28,5	28,2
8 »	19,8	25,6	26,0	26,4	26,3	26,4	26,8	27,2	25,9	25,6
10 »	18,0	23,4	23,8	24,0	24,0	23,9	24,4	24,6	23,6	23,2
Mittel	21,65	**24,73**	**25,07**	**25,35**	**25,40**	**25,40**	**25,46**	**25,87**	**25,10**	**24,93**
Schwankungen	10,5	7,8	7,7	8,0	8,5	8,2	9,0	10,0	9,7	10,4

Witterung:

Um Mn. bew., dann bis 6 U. Mg. schw. R., von da ab th. bew. u. mst. W. Um 4¾ U. Nachm. st. G.-R. u. St. Um 5½ U. R., dann th. bew. Um 10 U. kl. u. r.

Versuch IV.

26. Juli 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm. Durchmesser der Bröckchen 0,0—0,25 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm
12 Uhr	13,0	19,8	19,2	19,2	18,7	18,2	18,4
2 »	12,2	17,6	17,0	17,1	16,7	16,4	16,6
4 »	10,9	16,5	15,8	16,0	15,6	15,2	15,6
6 »	18,0	15,6	15,0	15,4	14,8	14,3	14,6
8 »	21,4	15,3	15,2	15,4	15,2	15,1	15,1
10 »	24,5	18,4	19,0	19,6	19,8	20,2	19,8
12 »	26,7	21,6	22,8	23,4	23,6	24,6	24,0
2 »	28,6	25,7	27,3	27,8	28,4	29,6	28,6
4 »	28,9	28,7	30,5	30,8	31,5	32,5	31,3
6 »	25,5	29,6	31,0	31,2	31,6	32,3	31,2
8 »	20,0	28,2	28,8	29,2	29,0	29,2	28,6
10 »	13,0	25,6	25,8	25,8	25,6	25,6	25,2
Mittel	20,22	**21,88**	**22,28**	**22,54**	**22,54**	**22,77**	**22,42**
Schwankungen	18,0	14,3	16,0	16,2	16,8	18,2	16,7

Witterung:

Kl. u. schw. W.

29. Juli 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm. Durchmesser der Bröckchen 0,0—0,25 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm
12 Uhr	10,4	17,6	17,6	17,8	17,6	17,4	17,1
2 »	10,8	16,8	16,6	16,8	16,5	16,3	16,0
4 »	8,6	15,0	14,4	14,6	14,4	14,1	14,0
6 »	16,5	14,2	13,6	13,8	13,5	13,3	13,2
8 »	20,4	14,0	13,8	14,0	13,9	13,8	13,8
10 »	21,8	16,0	16,7	17,2	17,3	17,4	17,4
12 »	23,4	19,8	21,3	21,7	21,9	22,4	22,2
2 »	24,5	24,0	26,3	26,2	26,7	27,3	26,9
4 »	24,5	26,6	28,6	28,8	29,0	29,6	29,0
6 »	21,9	27,4	28,9	29,0	29,1	29,4	28,7
8 »	17,8	26,0	26,6	26,6	26,6	26,6	26,0
10 »	15,4	23,2	23,4	23,4	23,2	23,0	22,6
Mittel	17,93	**20,05**	**20,65**	**20,82**	**20,81**	**20,88**	**20,57**
Schwankungen	15,9	13,4	15,3	15,2	15,6	16,3	15,8

Witterung:

Kl. M. schw. W. Nachm. st. W. Ab. r.

30. Juli 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm. Durchmesser der Bröckchen 0,0—0,25 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm
12 Uhr	12,4	20,3	20,0	20,2	20,0	19,6	19,4
2 »	10,0	18,2	17,6	18,0	17,7	17,4	17,2
4 »	8,8	16,8	16,4	16,4	16,1	16,0	15,8
6 »	18,1	15,6	15,0	15,2	15,0	14,8	14,7
8 »	20,6	15,2	15,1	15,3	15,2	15,2	15,2
10 »	24,7	17,7	18,4	18,8	19,2	19,2	19,3
12 »	27,6	21,6	23,3	23,6	23,9	24,5	24,3
2 »	29,0	25,8	27,8	28,0	28,6	29,0	28,7
4 »	27,2	28,6	30,6	30,6	31,2	31,6	31,0
6 »	23,8	28,7	30,0	30,0	30,0	30,1	29,4
8 »	21,0	27,2	27,8	27,8	27,8	27,6	27,0
10 »	18,6	25,3	25,8	25,8	25,8	25,5	25,0
Mittel	20,15	**21,75**	**22,32**	**22,47**	**22,54**	**22,54**	**22,25**
Schwankungen	20,2	13,5	15,6	15,4	16,2	16,8	16,3

Witterung:

Kl. bis Nachm. Von 4 U. ab th. bew. Von 8 bis 10 U. bew. u. st. G.-R. Von da ab kl. Von 8 bis 10 U. bed.

31. Juli 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm. Durchmesser der Bröckchen 0,0—0,25 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm
12 Uhr	16,8	23,3	23,8	23,9	23,8	23,4	23,0
2 »	15,8	21,7	21,9	22,0	21,9	21,5	21,1
4 »	15,0	20,0	20,1	20,0	20,0	19,4	19,3
6 »	19,8	18,8	18,8	18,6	18,6	18,2	18,2
8 »	24,0	18,7	18,9	18,7	18,8	18,6	18,5
10 »	26,4	20,4	21,2	21,2	21,5	21,6	21,4
12 »	28,6	23,6	24,8	25,2	25,5	26,0	25,5
2 »	26,4	26,8	28,0	28,4	28,8	29,1	28,6
4 »	29,2	28,0	29,2	29,6	30,0	30,2	29,5
6 »	26,5	28,7	30,0	30,3	30,6	30,6	30,0
8 »	20,3	27,5	28,4	28,6	28,6	28,4	27,8
10 »	18,3	25,0	25,4	25,6	25,4	25,2	24,8
Mittel	22,26	**23,54**	**24,20**	**24,34**	**24,46**	**24,35**	**23,97**
Schwankungen	14,2	10,0	11,2	11,7	12,0	12,4	11,8

Witterung:

Fr. kl. u. r. Vorm. kl. u. schw. W. M. th. bew. Ab. kl.

1. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm – Durchmesser der Bröckchen 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	17,0	22,6	23,0	23,0	23,0	22,4	22,2
2 »	16,7	20,8	21,3	21,2	21,0	20,7	20,5
4 »	15,6	19,7	19,8	19,6	19,6	19,2	19,2
6 »	18,2	18,7	18,7	18,5	18,6	18,2	18,2
8 »	25,7	18,6	18,8	18,6	18,7	18,6	18,4
10 »	27,8	20,6	21,2	21,2	21,6	21,7	21,4
12 »	29,5	23,8	25,0	25,4	25,8	26,2	25,6
2 »	30,8	27,8	29,2	29,6	30,1	30,5	29,6
4 »	29,1	30,0	31,4	31,8	32,4	32,6	31,6
6 »	27,0	30,3	31,4	31,7	32,0	32,0	31,0
8 »	25,1	28,2	29,0	29,2	29,3	29,1	28,4
10 »	23,0	26,2	26,6	26,8	26,7	26,3	25,8
Mittel	23,79	**23,94**	**24,62**	**24,72**	**24,90**	**24,79**	**24,35**
Schwankungen	15,2	11,7	12,7	13,3	13,8	14,4	13,4

Witterung:

Fr. kl. u. schw. W. Gegen M. th. bew. u. mst. W. Nachm. ab. bew. u. r. Ab. kl.

2. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm – Durchmesser der Bröckchen 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	18,4	23,8	24,1	24,2	24,0	23,6	23,4
2 »	17,4	22,0	22,4	22,2	22,2	21,8	21,6
4 »	16,8	20,8	21,0	20,8	20,8	20,4	20,2
6 »	21,8	20,0	20,1	20,0	20,0	19,6	19,5
8 »	27,1	20,0	20,3	20,2	20,4	20,2	20,1
10 »	28,3	21,1	22,9	23,2	23,4	23,5	23,2
12 »	29,8	25,2	26,0	26,4	26,8	27,0	26,4
2 »	30,9	28,2	29,6	30,1	30,6	31,0	30,3
4 »	31,4	31,2	32,6	33,0	33,6	33,8	32,8
6 »	28,6	32,0	33,0	33,4	33,8	33,8	32,8
8 »	23,8	30,4	31,2	31,4	31,6	31,2	30,6
10 »	22,0	27,7	28,1	28,2	28,2	27,8	27,4
Mittel	24,69	**25,20**	**25,94**	**26,09**	**26,28**	**26,14**	**25,69**
Schwankungen	14,6	12,0	12,9	13,4	13,8	14,2	13,3

Witterung:

Kl. u. schw. W.

3. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm – Durchmesser der Bröckchen 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	19,3	25,0	25,2	25,3	25,2	24,8	24,6
2 »	16,4	23,0	23,2	23,2	23,0	22,6	22,6
4 »	19,1	21,5	21,6	21,5	21,4	21,0	21,0
6 »	21,8	20,0	20,0	19,8	19,8	19,4	19,5
8 »	25,2	20,0	20,0	20,0	20,0	19,8	19,8
10 »	27,8	21,8	22,5	22,7	22,9	23,0	22,7
12 »	30,7	25,8	26,8	27,3	27,7	28,0	27,4
2 »	31,6	29,2	30,6	31,2	31,8	32,0	31,2
4 »	30,0	31,6	33,0	33,3	33,8	33,8	32,8
6 »	26,6	31,4	32,4	32,7	33,0	32,8	31,8
8 »	23,2	29,4	30,0	30,2	30,2	29,8	29,4
10 »	19,0	26,6	26,9	27,0	27,0	26,5	26,2
Mittel	24,2[illegible]	**25,44**	**26,01**	**26,18**	**26,31**	**26,12**	**25,75**
Schwankungen	15,2	11,6	13,0	13,5	14,0	14,4	13,3

Witterung:

Fr. kl. u. r. Vorm. schw. W. M. mst. W. Nachm. st. W. Von 6 U. ab bew.

4. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Lehm – Durchmesser der Bröckchen 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	17,0	24,2	24,4	24,4	24,4	23,8	23,8
2 »	15,2	22,5	22,5	22,3	22,6	21,7	21,4
4 »	13,6	20,6	20,6	20,4	20,5	20,2	20,2
6 »	19,3	19,4	19,4	19,1	19,0	18,8	18,9
8 »	25,8	19,2	19,3	19,2	19,2	19,1	19,2
10 »	28,4	21,2	21,8	21,8	22,2	22,2	22,0
12 »	29,8	25,0	26,1	26,6	27,0	27,2	26,6
2 »	26,3	27,9	29,0	29,4	29,8	29,7	29,0
4 »	25,0	28,4	29,1	29,4	29,6	29,4	28,7
6 »	24,8	27,6	28,2	28,4	28,5	28,4	27,7
8 »	21,8	26,5	27,0	27,1	27,2	27,0	26,4
10 »	20,0	24,9	25,1	25,2	25,2	25,0	24,6
Mittel	22,25	**23,95**	**24,37**	**24,44**	**24,60**	**24,37**	**24,04**
Schwankungen	16,2	9,2	9,8	10,3	10,8	10,9	10,1

Witterung:

Mn. schw. bew. dann kl. Von 9 U. Vorm.—4½ U. Nachm. bew. u. st. W., dann r. u. th. bew. Von 8 U. ab bew.

22. Juni 1881. **Versuch V.** 23. Juni 1881.

Zeit	Lufttemperatur (22. Juni)	Lehm – Durchmesser der Bröckchen 0,0–0,25 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm	6,75–9,00 mm	Lufttemperatur (23. Juni)	Lehm – Durchmesser der Bröckchen 0,0–0,25 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	17,4	23,0	22,6	22,8	23,0	23,6	17,6	27,7	27,3	27,3	27,4	27,3
2 »	16,8	21,2	21,0	21,0	21,2	21,6	17,2	25,0	24,8	24,8	25,0	24,8
4 »	14,0	19,5	19,3	19,2	19,4	19,8	17,4	23,2	23,1	22,0	23,1	23,0
6 »	24,4	17,8	17,8	17,7	17,7	18,0	23,3	21,5	21,6	21,6	21,6	21,4
8 »	26,9	17,5	17,9	18,0	17,9	18,2	15,6	20,9	21,4	21,4	21,3	21,2
10 »	30,1	19,7	20,8	21,0	20,8	21,2	21,8	21,0	21,5	21,5	21,4	21,4
12 »	31,4	23,2	24,6	24,8	24,6	24,6	25,2	22,6	23,6	23,8	23,7	23,6
2 »	33,6	27,2	28,4	28,6	28,2	28,3	27,0	25,0	26,3	26,6	26,3	26,3
4 »	32,9	30,1	31,6	31,8	31,6	31,6	25,4	27,2	28,8	29,0	28,8	28,6
6 »	29,4	31,8	32,5	32,8	32,7	32,8	22,2	28,4	29,4	29,6	29,4	29,2
8 »	24,4	32,0	32,0	32,0	32,1	32,2	19,6	27,8	28,2	28,4	28,2	28,0
10 »	18,3	30,4	29,8	29,8	29,8	29,8	18,1	25,9	26,2	26,3	26,1	25,9
Mittel	24,97	**24,45**	**24,86**	**24,96**	**24,92**	**25,14**	20,87	**24,68**	**25,18**	**25,19**	**25,19**	**25,06**
Schwankungen	19,6	14,5	14,7	15,1	15,0	14,8	11,4	7,5	8,0	8,2	8,1	8,0

Witterung (22. Juni):

Den ganzen Tag kl. M. schw. W., sonst r.

Witterung (23. Juni):

Bis 5 U. Mg. th. bew., von da ab bew. u. mst. W. Von 7³/₄—8 U. fr. St. u. st. G.-R., dann bis 9 U. abw. R. u. r. Hierauf ver. Nachm. th. bew. u. mst. W. Ab. bew. u. r. Von 10 U. ab R. Von 7 U. Ab. ab bed., ebenso von fr. 7—8¹/₂ U.

24. Juni 1881. 25. Juni 1881.

Zeit	Lufttemperatur (24. Juni)	0,0–0,25 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm	6,75–9,00 mm	Lufttemperatur (25. Juni)	0,0–0,25 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	17,5	24,0	24,3	24,4	24,2	24,0	19,0	26,4	26,6	26,6	26,5	26,5
2 »	16,8	22,2	22,5	22,5	22,4	22,2	18,1	24,9	25,1	25,0	25,0	25,0
4 »	17,4	20,4	20,7	20,6	20,6	20,4	17,2	23,4	23,6	23,4	23,4	23,4
6 »	20,2	18,9	19,2	19,2	19,2	19,0	19,6	22,0	22,2	22,0	22,0	22,0
8 »	21,1	18,4	18,8	18,8	18,8	18,7	22,8	21,2	21,6	21,6	21,6	21,6
10 »	24,4	19,6	20,5	20,6	20,4	20,4	24,0	21,6	22,2	22,3	22,2	22,3
12 »	27,1	22,4	23,6	23,8	23,3	23,2	26,4	23,3	24,4	24,6	24,3	24,4
2 »	27,8	25,6	27,0	27,2	26,7	26,6	27,7	25,4	26,6	26,9	26,6	26,8
4 »	27,0	28,2	29,8	29,8	29,4	29,2	25,5	27,0	28,5	28,8	28,6	28,8
6 »	27,2	29,4	30,4	30,4	30,2	30,0	21,7	27,3	28,4	28,8	28,7	28,7
8 »	23,1	29,2	29,6	29,6	29,4	29,4	19,8	26,6	27,2	27,4	27,4	27,4
10 »	20,4	28,0	28,2	28,0	28,0	28,0	18,0	25,0	25,4	25,5	25,6	25,6
Mittel	22,50	**23,94**	**24,55**	**24,57**	**24,38**	**24,26**	21,65	**24,51**	**25,15**	**25,24**	**25,16**	**25,21**
Schwankungen	11,0	11,0	11,6	11,6	11,4	11,3	10,5	6,1	6,9	7,2	7,1	7,2

Witterung (24. Juni):

Bis 2 U. Mg. th. bew., dann kl. Vorm. schw. W. Nachm. mst. W. Um 4 U. bew. Von 8¹/₂—9 U. Ab. G.-R., dann ver.

Von 12—2 U. Mg. u. 7¹/₂ U. Ab. ab bed.

Witterung (25. Juni):

Bis 2 U. fr. bew., dann abw. schw. R. Von 4 U. an ver. Vorm. th. bew. u. st. W. bis Nachm. Von 3¹/₂ U. an st. R. u. st. W., dann ohne R. bis 5¹/₂ U., dann etwas R. Ab. kl. u. r. Bei R. bed. immer nur kurze Zeit.

Mittel der Beobachtungen (°C.).

Versuch I (1876).

	Lehm.		Quarzsand.	
	pulverförmig.	bröcklich.	feiner.	grober.
Bodentemperatur v. 6.—13. August	24,39	24,38	24,67	24,86
Differenz:	— 0,01		0,19	
Schwankungen:	11,42	11,55	12,32	12,99.

Versuch II (1879).

	Gelber Quarzsand. Korngröße.			
	0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm
Bodentemperatur v. 30. Aug. bis 6. Sept.	19,71	20,30	20,38	20,05
Differenz:	0,59	0,08	— 0,33	
Schwankungen:	8,67	9,90	10,12	9,47.

Versuch III (1881).

	Weißer Quarzsand. Korngröße.				
	0,0—0,25 mm	0,25—0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	gemischt
Bodentemperatur v. 22.—25. Juni	24,20	24,31	24,61	24,73	24,55
Differenz:	0,11	0,30	0,12		
Schwankungen:	10,47	10,50	11,10	11,67	11,05.

	Gelber Quarzsand. Korngröße.			
	0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm
Bodentemperatur v. 22.—25. Juni	24,80	25,32	24,69	24,65
Differenz:	0,52	— 0,63	— 0,04	
Schwankungen:	11,87	13,05	12,57	13,32.

Versuch IV (1879).

	Lehm. Korngröße.					
	mm 0,0—0,25	mm 0,5—1,0	mm 1—2	mm 2,0—4,5	mm 4,5—6,75	mm 6,75—9,0
Bodentemperatur v. 26. Juli bis 4. Aug.	23,21	23,80	23,95	24,05	23,99	23,63
Differenz:	0,59	0,15	0,10	— 0,06	— 0,36	
Schwankungen:	11,96	13,31	13,62	14,12	14,70	13,83.

Versuch V (1881).

	Lehm. Korngröße.				
	0,0—0,25 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,5—6,75 mm	6,75—9,0 mm
Bodentemperatur v. 22.—25. Juni	24,39	24,93	24,99	24,91	24,92
Differenz:	0,54	0,06	— 0,08	0,01	
Schwankungen:	9,77	10,30	10,52	10,40	10,32.

Diese Beobachtungen thun fast ausnahmslos dar,

1) daß die Temperatur des Bodens im trockenen Zustande während der wärmeren Jahreszeit mit der Größe der Bodenpartikel und der Krümel bis zu einer bestimmten Grenze steigt und dann weiterhin wieder abnimmt,
2) daß die Temperaturschwankungen in demselben Grade im Allgemeinen zu- und abnehmen,
3) daß die Temperatur eines Gemisches verschiedener Korngrößen die Mitte zwischen derjenigen der Extreme hält,
4) daß die Unterschiede ad 1 und 2 im Allgemeinen verhältnißmäßig gering sind.

Versuchsreihe II (1877, 1879 u. 1881).

Temperatur des Bodens von verschiedener Struktur im feuchten Zustande während der wärmeren Jahreszeit.

1. Täglicher Gang der Bodentemperatur.

In dieser Versuchsreihe wurden sämmtliche Bodenarten im lufttrockenen Zustande in Gefäße gefüllt, die mit einem durchlöcherten Boden versehen waren und so lange auf eine Wasserfläche gestellt, bis sie sich bis zur Oberfläche mit Wasser gesättigt hatten. Bei den gröberen Sandsorten, welche sich auf diese Weise nicht mit Wasser imprägniren ließen, wurden die Kästen bis zum Rande in Wasser getaucht. Mit Pappdeckeln bedeckt blieben sämmtliche Gefäße einige Zeit stehen, damit das überschüssige Wasser ablaufen konnte. Hierauf wurden sie im Freien aufgestellt, und zwar in Versuch V, wie in Versuchsreihe I beschrieben, auf einem Tisch, in Versuch I, II, IV in hölzernen, in dem Ackerlande angebrachten Versenkungsschachten.

In Versuch III wurde ein anderes Verfahren eingeschlagen. Hier wurde die Ackererde des Versuchsfeldes bis zu dem aus Kalksteingeröll bestehenden Untergrunde bis zu 25 cm Tiefe ausgehoben. Aus den so entstandenen Gruben wurden durch Einsenkung von Holzkästen, mit durchlöchertem Boden versehen, Parcellen gebildet, die im zeitigen Frühjahr mit Lehm im trockenen Zustande gefüllt wurden.

Der Zutritt der atmosphärischen Niederschläge zu den Versuchsböden wurde vorkommenden Falls, wie in Versuchsreihe I, durch ein über den Kästen angebrachtes Zelt- oder Bretterdach gehindert. Nur in dem Versuch III waren die Böden allen Witterungsverhältnissen ausgesetzt.

Die Größenverhältnisse der Versuchskästen und die Tiefe, bis zu welcher die Thermometer eingesenkt wurden, ergeben sich aus folgender Uebersicht:

		Querschnitt der Versuchsgefäße.	Tiefe der Versuchsgefäße.	Tiefe der Thermometerkugel.
Versuch I	Gelber Quarzsand	400 □cm	20 cm	10 cm
»	Weißer »	400 »	20 »	5 »
»	II und IV	400 »	20 »	10 »
»	III	1600 »	25 »	15 »
»	V	625 »	20 »	10 ».

Ueber die gewonnenen Resultate geben die nachstehenden Tabellen näheren Aufschluß:

Versuch I. 26. Juli 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand, Korngröße 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,5-6,75 mm	Weißer Quarzsand, Korngröße 0,00-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	13,0	19,4	20,2	20,2	19,8	17,4	18,3	18,4	18,6
2 »	12,2	17,5	18,3	18,2	18,0	15,4	16,0	16,0	16,0
4 »	10,9	16,3	17,2	17,2	17,0	14,4	14,8	14,6	14,6
6 »	18,0	15,6	16,4	16,4	16,2	13,6	14,0	13,8	13,8
8 »	21,4	17,4	17,8	18,0	17,9	15,0	15,6	15,0	15,2
10 »	24,5	22,0	22,4	22,6	22,6	21,8	22,4	22,4	23,4
12 »	26,7	25,3	25,4	25,5	25,3	25,8	27,2	27,6	28,2
2 »	28,6	28,6	28,3	28,4	28,2	28,4	30,6	31,4	31,8
4 »	28,9	29,9	29,6	29,6	29,3	28,4	32,0	32,1	32,4
6 »	25,5	28,6	28,7	28,3	28,2	26,8	30,0	30,4	30,6
8 »	20,0	25,4	26,0	26,0	25,8	23,8	26,2	26,6	26,8
10 »	13,0	22,6	23,8	23,8	23,6	22,0	23,7	24,2	24,4
Mittel	20,22	**22,38**	**22,84**	**22,85**	**22,66**	**21,07**	**22,57**	**22,71**	**22,98**
Schwankungen	18,0	14,3	13,2	13,2	13,1	14,8	18,0	18,3	18,6

Witterung: Kl. u. schw. W.

29. Juli 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand, Korngröße 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,5-6,75 mm	Weißer Quarzsand, Korngröße 0,00-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	10,4	16,2	17,0	17,4	17,0	14,6	14,4	14,4	14,6
2 »	10,0	15,3	16,0	16,4	16,0	13,6	13,2	13,2	13,6
4 »	8,6	14,2	14,9	15,2	15,0	12,4	12,2	11,8	12,2
6 »	16,5	14,6	14,2	14,4	14,2	11,7	11,4	11,1	11,4
8 »	20,4	15,4	16,0	16,2	16,2	13,0	12,8	12,4	12,8
10 »	21,8	19,2	20,2	20,1	20,3	18,7	18,9	19,4	20,8
12 »	23,4	22,7	24,2	23,8	24,2	23,0	23,9	25,8	26,4
2 »	24,5	26,2	27,2	26,6	27,0	25,4	27,6	29,4	29,6
4 »	24,5	27,4	28,0	27,4	27,6	25,2	28,4	29,7	29,8
6 »	21,9	26,1	26,8	26,4	26,4	23,2	27,0	27,2	27,4
8 »	17,8	23,0	24,0	23,9	23,8	20,2	23,0	23,2	23,2
10 »	15,4	20,4	21,6	21,7	21,4	18,3	20,3	20,4	20,6
Mittel	17,93	**20,50**	**20,84**	**20,70**	**20,76**	**18,27**	**19,43**	**19,83**	**20,20**
Schwankungen	15,9	13,2	13,8	13,0	13,4	13,7	17,0	18,6	18,4

Witterung: Kl. M. schw. W. Nachm. st. W. Ab. r.

30. Juli 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand				Weißer Quarzsand			
		Korngröße				Korngröße			
		0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	0,0-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	12,4	18,3	19,6	19,8	19,4	16,8	18,0	18,0	18,2
2 »	10,0	16,8	17,8	18,2	17,8	15,2	15,4	15,6	16,0
4 »	8,8	15,8	17,0	17,2	16,8	14,0	14,4	14,2	14,6
6 »	18,1	15,0	16,1	16,4	16,0	13,4	13,4	13,2	13,6
8 »	20,6	16,8	17,4	17,6	17,6	14,6	14,5	14,5	14,8
10 »	24,7	21,2	21,5	21,5	21,8	21,2	21,6	21,4	22,4
12 »	27,6	25,4	25,4	25,0	25,3	25,8	27,3	27,5	27,8
2 »	29,0	28,7	28,3	27,8	27,9	28,0	31,4	31,3	31,2
4 »	27,2	29,2	29,2	28,7	28,6	27,2	30,9	31,2	31,0
6 »	23,8	26,8	27,0	26,8	26,5	24,5	27,4	27,8	27,8
8 »	21,0	24,8	25,4	25,2	25,0	23,4	25,5	25,6	25,6
10 »	18,6	22,5	23,1	23,2	22,6	20,9	22,0	22,0	22,1
Mittel	20,15	**21,77**	**22,31**	**22,28**	**22,10**	**20,41**	**21,82**	**21,85**	**22,09**
Schwankungen	20,2	14,2	13,1	12,3	12,6	14,6	18,0	18,1	17,6

Witterung:

Kl. bis Nachm. Von 4 U. ab th. bew. Von 8—10 U. bew. u. st. G.-R. Von da ab kl. Von 8—10 U. bed.

31. Juli 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	Weißer Quarzsand 0,0-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	16,8	20,2	20,8	20,7	20,2	18,5	18,4	18,5	18,5
2 »	15,8	19,2	19,7	19,6	19,4	17,7	17,6	17,4	17,4
4 »	15,0	18,2	18,6	18,6	18,3	16,9	16,8	16,5	16,5
6 »	19,8	17,7	18,0	18,0	17,9	16,6	16,4	16,2	16,2
8 »	24,0	19,3	19,6	19,6	19,6	17,8	17,9	17,8	17,8
10 »	26,4	22,6	23,0	23,1	23,4	22,8	22,9	22,8	23,6
12 »	28,6	25,4	26,8	26,9	27,0	27,4	28,0	28,4	28,6
2 »	26,4	25,5	27,6	27,6	27,4	26,4	27,1	27,5	27,4
4 »	29,2	26,7	29,0	28,8	28,8	28,4	30,9	31,3	31,2
6 »	26,5	26,4	28,4	28,2	28,0	27,0	29,1	29,6	29,6
8 »	20,3	24,2	25,7	25,8	25,4	24,4	25,8	26,2	26,2
10 »	18,3	22,2	23,4	23,4	23,2	22,4	22,8	23,2	23,5
Mittel	22,26	**22,30**	**23,38**	**23,36**	**23,22**	**22,19**	**22,81**	**22,95**	**23,04**
Schwankungen	14,2	9,0	11,0	10,7	10,9	11,8	14,5	15,1	15,0

Witterung:

Fr. kl. u. r. Vorm. kl. u. schw. W. M. th. bew. Ab. kl.

1. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	Weißer Quarzsand Korngröße 0,0-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,50-1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	17,0	20,8	21,8	22,2	21,6	21,0	21,3	21,5	21,8
2 »	16,7	19,6	20,7	21,0	20,5	19,8	19,9	19,9	20,0
4 »	15,6	18,6	19,8	20,0	19,4	18,2	18,4	18,4	18,8
6 »	18,2	18,3	19,2	19,4	19,0	17,8	18,0	18,1	18,2
8 »	25,7	19,8	20,4	20,5	20,4	19,4	20,1	20,1	20,2
10 »	27,8	23,6	23,6	23,6	23,8	23,7	25,2	25,5	26,0
12 »	29,5	26,3	27,2	27,0	27,2	27,0	30,4	30,4	30,4
2 »	30,8	29,4	29,8	29,4	29,6	28,2	32,8	33,0	32,8
4 »	29,1	30,2	30,6	30,1	30,2	27,2	32,0	32,5	32,4
6 »	27,0	28,5	29,2	29,0	28,7	26,2	30,0	30,4	30,4
8 »	25,1	26,2	27,1	27,0	27,5	24,6	27,6	27,8	27,9
10 »	23,0	24,0	25,0	25,0	26,4	23,0	25,2	25,2	25,4
Mittel	23,79	**23,77**	**24,53**	**24,52**	**24,49**	**23,01**	**25,07**	**25,23**	**25,36**
Schwankungen	15,2	11,9	11,4	10,7	11,2	10,4	14,8	14,9	14,6

Witterung:

Fr. kl. u. schw. W. Gegen M. th. bew. u. mst. W. Nachm. abw. bew. u. r. Ab. kl.

2. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	Weißer Quarzsand Korngröße 0,0-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,50-1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	18,4	22,3	23,2	23,4	23,0	21,6	23,0	23,2	23,4
2 »	17,4	21,0	22,0	22,3	21,9	20,2	21,5	21,5	21,6
4 »	16,8	20,0	21,2	21,4	21,0	19,0	20,2	20,2	20,4
6 »	21,8	19,5	20,6	20,8	20,4	18,6	19,6	19,6	19,7
8 »	27,1	21,5	20,0	20,1	20,0	20,3	21,2	21,2	21,3
10 »	28,3	24,6	25,0	24,8	25,0	24,8	25,2	25,6	26,4
12 »	29,8	27,3	27,2	26,9	27,0	28,6	30,2	30,8	31,0
2 »	30,9	30,7	30,3	29,8	30,0	31,3	34,8	35,0	35,0
4 »	31,4	31,9	31,6	31,0	31,2	31,4	35,8	36,0	36,3
6 »	28,6	30,8	30,9	30,3	30,4	29,4	34,0	34,2	34,4
8 »	23,8	27,8	28,4	28,4	28,0	26,8	30,3	30,7	31,0
10 »	22,0	25,3	26,2	26,2	25,8	24,6	27,2	27,8	28,0
Mittel	24,69	**25,22**	**25,55**	**25,45**	**25,30**	**24,72**	**26,91**	**27,25**	**27,37**
Schwankungen	14,6	12,4	11,6	9,9	11,2	12,8	16,2	16,4	16,6

Witterung:

Kl. u. schw. W.



3. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand				Weißer Quarzsand			
		Korngröße				Korngröße			
		0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	0,0-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	19,8	23,4	24,4	24,4	24,1	22,8	25,1	25,2	25,4
2 »	16,4	22,0	23,0	23,2	22,7	21,4	22,8	23,0	23,2
4 »	19,1	20,6	21,7	21,6	21,4	20,6	21,8	22,0	21,9
6 »	21,8	19,2	20,4	20,0	20,2	19,8	20,7	21,0	20,6
8 »	25,2	21,4	21,9	22,0	21,8	20,2	20,8	21,2	21,2
10 »	27,8	24,8	24,8	24,6	24,3	25,0	25,8	26,2	26,8
12 »	30,7	29,0	28,4	28,0	28,2	29,2	31,0	32,4	32,6
2 »	31,6	31,6	30,6	30,0	30,4	30,4	33,4	35,2	35,4
4 »	30,0	32,0	31,4	30,8	31,0	29,8	33,0	35,2	35,6
6 »	26,6	29,8	29,8	29,6	29,6	27,2	31,6	32,3	32,6
8 »	23,2	27,2	27,8	27,6	27,4	24,8	28,6	29,3	29,4
10 »	19,0	24,8	25,6	25,6	25,4	23,2	26,0	26,3	26,6
Mittel	24,22	**25,48**	**25,82**	**25,62**	**25,54**	**24,53**	**26,80**	**27,44**	**27,61**
Schwankungen	15,2	12,8	11,0	10,8	9,8	10,6	12,7	14,2	15,0

Witterung:

Fr. kl. u. r. Vorm. schw. W. M. mst. W. Nachm. st. W. Von 6 U. ab bew.

4. August 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	Weißer Quarzsand 0,0-0,25 mm	0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm
12 Uhr	17,0	24,0	24,0	24,0	23,7	21,2	23,6	23,8	24,0
2 »	15,0	22,2	22,1	22,0	21,8	19,9	21,6	21,9	22,1
4 »	13,6	20,0	21,4	21,5	21,0	18,2	20,0	20,0	20,0
6 »	19,3	19,2	20,5	20,6	20,2	17,6	18,8	18,8	18,8
8 »	25,8	20,9	21,4	21,5	21,3	19,2	19,8	20,0	20,0
10 »	28,4	24,4	24,0	23,9	24,0	23,8	24,0	24,6	25,0
12 »	29,8	28,4	27,3	27,0	26,8	27,8	29,6	30,0	30,0
2 »	26,3	28,1	27,7	27,4	27,1	25,9	28,4	28,6	28,5
4 »	25,0	27,8	27,6	27,3	27,0	25,4	27,8	28,2	28,0
6 »	24,8	25,2	25,6	25,5	25,2	23,6	25,4	25,6	25,4
8 »	21,8	24,4	24,6	24,5	24,0	23,0	24,4	24,7	24,6
10 »	20,0	23,6	24,2	24,2	23,9	22,2	23,7	23,8	23,8
Mittel	22,25	**24,01**	**24,20**	**24,11**	**23,83**	**22,31**	**23,93**	**24,16**	**24,18**
Schwankungen	16,2	9,2	7,2	6,8	6,9	9,6	10,8	11,2	11,2

Witterung:

Bis Vorm. kl., dann G. u. st. W. bis Nachm. 2 U. Hierauf bis 4 1/2 bew. u. r. Um 6 U. Ab. leicht bew., dann bew.

Versuch II.

5. Juli 1881.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand I 0,0-0,25 mm	II 0,25-0,50 mm	III 0,5—1,0 mm	IV 1—2 mm	V gemischt	Gelber Quarzsand I 0,0—0,5 mm	II 1—2 mm	III 2,0—4,5 mm	IV 4,50-6,75 mm
12 Uhr	18,0	20,2	20,3	21,1	21,6	20,8	20,8	20,8	20,3	21,2
2 »	17,4	19,8	19,8	20,0	20,4	19,8	19,8	20,6	20,4	20,3
4 »	16,9	18,6	18,6	18,8	19,1	18,6	18,4	19,2	19,0	19,0
6 »	25,2	18,0	18,2	18,3	18,5	18,2	17,9	18,6	18,6	18,6
8 »	29,2	20,1	20,3	20,8	20,8	20,6	20,0	21,4	21,4	21,8
10 »	30,0	23,4	24,2	24,8	24,8	24,7	23,2	26,3	26,4	26,8
12 »	31,0	26,8	28,0	28,8	28,9	29,0	26,7	31,3	30,9	31,2
2 »	31,8	29,6	31,0	32,1	32,2	32,2	29,6	34,8	34,2	34,3
4 »	32,0	30,4	32,2	33,2	33,5	33,3	30,6	35,4	35,0	35,0
6 »	30,1	29,8	31,2	32,2	32,6	32,2	29,9	33,8	33,2	33,5
8 »	24,8	27,2	28,2	29,0	29,5	29,1	27,5	29,9	30,0	29,9
10 »	21,4	25,2	25,9	26,5	26,9	26,4	25,3	27,0	27,1	26,9
Mittel	23,87	**24,10**	**24,82**	**25,47**	**25,73**	**25,41**	**24,14**	**26,59**	**26,37**	**26,54**
Schwankungen	15,1	12,4	14,0	14,9	15,0	15,1	12,7	16,8	16,4	16,4

Witterung:

Kl. Nachm. außerdem schw. W. Ab. kl. u. r.

6. Juli 1881.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand I	II	III	IV	V	Gelber Quarzsand I	II	III	IV
12 Uhr	18,0	23,3	23,6	24,0	24,3	23,8	23,2	24,2	24,2	24,0
2 »	17,4	21,8	22,0	22,2	22,6	22,2	21,6	22,6	22,4	22,4
4 »	17,6	20,6	21,0	21,1	21,4	21,0	20,6	21,4	21,2	21,2
6 »	26,4	20,0	20,4	20,5	20,7	20,5	19,9	20,8	20,6	20,5
8 »	30,0	22,0	22,5	22,8	22,6	22,8	21,8	23,0	23,0	23,2
10 »	33,2	25,6	26,7	27,2	26,8	27,7	25,3	28,3	28,2	28,6
12 »	34,0	28,6	30,2	31,0	30,6	31,4	28,4	32,7	32,0	32,2
2 »	34,8	30,5	32,5	33,4	33,6	33,8	30,6	35,2	34,8	34,5
4 »	34,6	31,4	33,4	34,4	34,6	34,6	31,4	36,0	35,4	35,2
6 »	29,2	30,0	31,6	32,4	33,0	32,7	30,2	33,5	33,3	33,2
8 »	20,6	27,6	29,0	29,6	30,1	29,9	27,8	30,0	30,0	29,8
10 »	19,5	26,3	27,6	27,8	28,3	28,0	26,5	27,9	27,9	27,7
Mittel	26,27	**25,64**	**26,71**	**27,20**	**27,38**	**27,37**	**25,61**	**27,97**	**27,75**	**27,71**
Schwankungen	17,4	11,4	13,0	13,9	13,9	14,1	11,5	15,2	14,8	14,7

Witterung:

Mg. kl. u. r. Vorm. schw. W. M. mst. W. Nachm. st. W. Von 6 U. Ab. ab bew. u. abw. schw. R.

Von 6 U. Ab. ab bed.

7. Juli 1881.

Zeit	Luft-tempe-ratur	Weißer Quarzsand					Gelber Quarzsand			
		I 0,0–0,25 mm	II 0,25–0,50 mm	III 0,5–1,0 mm	IV 1–2 mm	V gemischt	I 0,0–0,5 mm	II 1–2 mm	III 2–4,5 mm	IV 4,50–6,75 mm
12 Uhr	18,4	24,7	25,6	26,0	26,0	26,1	24,7	25,8	25,8	25,6
2 »	17,0	23,6	24,3	24,6	25,0	24,8	24,4	24,6	24,5	24,2
4 »	16,9	22,7	23,4	23,7	24,0	23,8	22,6	23,7	23,6	23,2
6 »	18,2	22,0	22,6	22,8	23,2	22,8	21,8	22,9	22,6	22,4
8 »	22,2	21,6	22,5	22,8	23,0	22,8	21,6	23,0	22,6	22,4
10 »	22,8	23,0	23,9	24,4	24,3	24,4	22,8	24,6	24,1	24,0
12 »	24,3	24,8	25,9	26,4	26,0	26,8	24,8	27,2	26,1	26,1
2 »	23,8	25,6	27,0	27,6	27,6	28,0	25,8	28,4	27,6	27,6
4 »	23,2	25,4	26,6	27,4	27,4	27,7	25,6	28,2	27,4	27,2
6 »	20,4	24,2	25,4	26,1	26,3	26,4	24,4	26,6	26,2	26,1
8 »	17,2	22,6	23,6	24,2	24,6	24,4	22,7	24,5	24,3	24,2
10 »	13,6	20,4	21,4	21,8	22,3	21,8	20,4	22,1	22,0	21,8
Mittel	19,83	**23,38**	**24,35**	**24,82**	**24,97**	**24,98**	**23,47**	**25,12**	**24,73**	**24,57**
Schwankungen	10,7	5,2	5,6	5,8	5,3	6,2	5,4	6,3	5,6	5,8

Witterung:

Bis 4 U. Mg. abw. schw. R., dann bew. u. schw. W. Vorm. th. bew. u. st. W. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. abw. bew., gegen Mn. kl.

Von 12—4 U. Mg. bed.

8. Juli 1881.

12 Uhr	12,8	18,9	19,8	19,9	20,2	20,0	18,9	20,0	20,0	19,8
2 »	12,6	18,0	18,6	18,8	19,2	19,0	18,0	19,0	19,0	18,8
4 »	11,4	17,2	17,8	18,0	18,4	18,1	17,2	18,2	18,2	18,0
6 »	19,7	16,5	17,0	17,2	17,6	17,3	16,4	17,4	17,4	17,2
8 »	20,6	18,4	19,0	19,4	19,3	19,6	18,5	20,0	19,5	19,4
10 »	22,2	21,6	22,4	22,8	22,6	23,2	21,8	24,0	23,2	23,4
12 »	24,1	25,0	26,0	26,7	26,4	27,3	25,4	28,4	27,4	27,6
2 »	25,0	27,2	28,6	29,4	29,4	29,8	27,7	31,3	30,2	30,2
4 »	23,6	27,4	29,0	29,7	30,0	30,0	27,9	31,4	31,5	30,6
6 »	22,6	25,8	27,2	27,8	28,2	28,1	26,4	29,0	28,7	28,6
8 »	19,4	23,8	24,8	25,4	25,8	25,6	24,2	26,2	26,2	26,0
10 »	16,8	21,6	22,6	23,0	23,4	23,0	21,9	23,4	23,4	23,2
Mittel	19,23	**21,78**	**22,73**	**23,17**	**23,37**	**23,42**	**22,02**	**24,02**	**23,72**	**23,57**
Schwankungen	13,6	10,9	12,0	12,5	12,4	12,7	11,5	14,0	14,1	13,4

Witterung:

Bis Mg. meist. kl. u. schw. W. Von da ab th. bew. u. schw. W. Ab. kl. u. r.

Versuch III (1877).

Zeit	5. Juni. Luft-temperatur	5. Juni. Lehm pulverförmig	5. Juni. Lehm bröcklich	6. Juni. Luft-temperatur	6. Juni. Lehm pulverförmig	6. Juni. Lehm bröcklich	7. Juni. Luft-temperatur	7. Juni. Lehm pulverförmig	7. Juni. Lehm bröcklich
12 Uhr	13,4	19,2	20,7	16,6	20,8	22,2	15,0	18,7	19,6
2 »	12,7	18,2	19,6	15,8	19,6	21,0	14,0	18,0	18,9
4 »	12,4	17,3	18,6	14,6	18,8	20,0	13,6	17,4	18,2
6 »	19,2	16,4	17,6	16,8	17,8	19,1	15,1	16,8	17,6
8 »	23,8	16,2	17,2	17,5	17,4	18,5	16,4	16,6	17,3
10 »	27,0	17,2	17,8	21,8	17,6	18,4	20,0	17,0	17,4
12 »	29,6	18,5	19,2	23,3	18,4	19,0	20,6	18,0	18,2
2 »	30,4	20,4	21,2	26,3	20,0	20,5	23,0	19,4	19,3
4 »	30,6	21,8	23,0	19,5	21,0	21,6	24,0	20,2	20,1
6 »	28,6	22,8	24,0	19,1	21,0	21,8	22,4	20,5	20,5
8 »	21,8	22,8	24,2	16,3	20,2	21,2	18,4	20,4	20,2
10 »	19,2	21,8	23,3	15,8	19,4	20,4	16,2	19,6	19,8
Mittel	22,39	**19,38**	**20,53**	18,62	**19,33**	**20,31**	18,22	**18,55**	**18,93**
Schwankungen	18,2	6,6	7,0	11,7	3,6	3,4	10,4	3,9	3,2

Witterung:

5. Juni: Kl. Von 8 U. Vorm. ab schw. W. Ab. G. u. r.

6. Juni: Kl. Von Mg. 6 U. ab bew. u. schw. W. Von M. ab th. bew. u. st. W. Nachm. G. Von 5 U. ab bew. u. schw. W. Von $6^{3}/_{4}$-$7^{1}/_{2}$ U. R., dann bew.

7. Juni: Bew. u. mst. W. Ab. gegen 9 U. kl.

Zeit	8. Juni. Luft-temperatur	8. Juni. Lehm pulverförmig	8. Juni. Lehm bröcklich	9. Juni. Luft-temperatur	9. Juni. Lehm pulverförmig	9. Juni. Lehm bröcklich	10. Juni. Luft-temperatur	10. Juni. Lehm pulverförmig	10. Juni. Lehm bröcklich
12 Uhr	14,8	18,8	19,0	17,1	22,0	22,8	15,4	22,3	23,1
2 »	11,6	17,8	18,2	15,1	20,9	21,6	15,0	21,2	21,9
4 »	11,0	17,0	17,4	14,6	19,8	20,6	14,0	20,1	20,8
6 »	19,2	16,2	16,6	23,0	19,0	19,8	24,2	19,2	20,0
8 »	21,0	16,1	16,4	26,7	18,6	19,2	24,7	18,8	19,5
10 »	23,4	17,2	17,1	25,2	19,4	19,8	26,2	19,8	20,0
12 »	25,7	18,8	18,6	27,8	20,8	20,9	29,0	21,9	21,6
2 »	28,5	21,2	21,0	29,6	23,0	22,8	30,0	24,4	23,7
4 »	29,6	23,0	22,8	29,2	24,8	24,4	30,0	26,2	25,4
6 »	27,2	24,0	24,1	23,6	25,6	25,2	28,2	27,1	26,4
8 »	24,2	24,0	24,3	20,9	25,2	25,1	23,7	26,8	26,3
10 »	19,8	23,2	23,6	18,4	24,4	24,4	18,2	25,3	25,2
Mittel	21,33	**19,77**	**19,92**	22,60	**21,87**	**22,22**	23,22	**22,76**	**22,82**
Schwankungen	18,6	7,9	7,9	15,0	7,0	6,0	16,0	8,3	6,9

Witterung:

8. Juni: Kl. u. schw. W. Gegen 5 U. Nachm. G., dabei th. bew. Von 10 U. Ab. ab kl.

9. Juni: Um Mn. bew. Von 2 U. ab kl. Fr. schw. W. Um 5 U. Nachm. G. u. kl. Von 6—10 U. bew. u. G., dann abw. bew.

10. Juni: Kl. u. schw. W. Ab. kl. u. r.

Zeit	11. Juni. Luft-temperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	12. Juni. Luft-temperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich
12 Uhr	16,0	23,6	23,8	16,4	24,8	24,7
2 »	14,4	22,2	22,6	14,0	23,0	23,2
4 »	14,2	20,8	21,3	14,4	21,6	22,0
6 »	23,2	20,1	20,6	25,2	20,7	21,2
8 »	27,2	19,8	20,1	26,0	20,4	20,6
10 »	28,8	20,7	20,8	29,2	21,2	21,2
12 »	30,6	22,2	22,0	30,8	23,4	22,8
2 »	31,4	25,4	24,5	32,6	26,2	25,2
4 »	30,9	27,4	26,2	32,5	28,0	26,8
6 »	29,4	28,4	27,2	29,2	29,0	27,5
8 »	24,2	27,6	27,0	24,8	28,4	27,4
10 »	21,6	26,6	26,2	21,0	27,2	26,5
Mittel	24,32	**23,73**	**23,53**	24,67	**24,49**	**24,09**
Schwankungen	16,7	8,6	7,1	18,6	8,6	6,9

11. Juni. Witterung: Kl. u. schw. ver. W. Ab. G., dann kl.

12. Juni. Witterung: Kl. M. schw. W. Von Ab. 6 U. ab r.

Zeit	13. Juni. Luft-temperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	14. Juni. Luft-temperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich
12 Uhr	20,2	25,6	25,3	16,8	21,6	22,1
2 »	20,4	24,2	24,2	15,8	20,6	21,0
4 »	18,8	23,1	23,3	13,6	19,9	20,4
6 »	22,1	22,2	22,5	14,1	19,4	20,0
8 »	26,6	21,9	22,1	14,4	19,0	19,6
10 »	29,4	22,6	22,5	18,3	18,8	19,4
12 »	30,0	24,2	23,6	22,2	19,2	19,6
2 »	24,6	26,0	25,1	22,4	20,8	20,7
4 »	24,4	26,0	25,3	23,8	21,8	21,7
6 »	20,8	25,8	25,2	20,5	22,4	22,3
8 »	17,0	24,4	24,3	18,2	22,4	22,4
10 »	17,0	22,6	23,0	16,0	21,6	21,8
Mittel	22,61	**24,05**	**23,87**	18,01	**20,62**	**20,92**
Schwankungen	13,0	4,1	3,2	10,2	3,6	3,0

13. Juni. Witterung: Von Mn. bis Mg. bew. u. G. Von fr. bis M. abw. bew. u. schw. W. M. schw. R. u. mst. W., dann bew. Von 5 U. Nachm. bis Ab. 7½ U. G., st. W. u. schw. R. Von da ab abw. bew. u. schw. W. Von 10 U. an bew. u. r.

14. Juni. Witterung: Von Mn. bis 2 U. Mg. bew. u. r. Um 2 U. R., dann bis fr. bew. u. schw. W. Vorm. u. Nachm. ver. u. schw. W. Von Ab. 6 U. ab th. bew. u. schw. W.

Versuch IV.

30. August 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm, Durchmesser der Bröckchen: 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	16,0	19,2	19,0	19,2	19,2	19,2	19,4
2 »	15,6	18,2	18,0	18,3	18,2	18,4	18,5
4 »	15,1	17,2	17,2	17,4	17,1	17,2	17,4
6 »	14,8	16,2	16,2	16,6	16,2	16,4	16,6
8 »	20,4	16,6	16,5	16,6	16,5	16,6	16,8
10 »	23,3	18,7	18,8	18,4	18,8	18,6	18,6
12 »	26,6	21,4	21,8	21,3	22,2	21,6	21,6
2 »	26,4	24,4	25,1	25,1	26,3	25,5	25,5
4 »	25,9	25,0	25,7	26,2	27,0	26,4	26,4
6 »	21,9	24,6	25,1	25,8	26,2	25,8	25,9
8 »	18,0	22,8	23,0	23,8	23,8	23,8	23,9
10 »	16,0	20,8	21,2	21,7	21,4	21,6	21,8
Mittel	20,00	**20,42**	**20,63**	**20,86**	**21,07**	**20,92**	**21,03**
Schwankungen	11,8	8,8	9,5	9,6	10,8	10,0	9,8

Witterung:

Kl. u. schw. W. Fr. nb. Ab. th. bew.

31. August 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm, Durchmesser der Bröckchen: 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	15,4	19,4	19,6	20,0	19,9	20,0	20,2
2 »	14,8	18,6	18,8	19,2	19,0	19,0	19,2
4 »	15,2	17,9	18,2	18,4	18,3	18,4	18,6
6 »	15,7	17,6	17,7	18,0	17,9	18,0	18,1
8 »	18,6	17,6	17,8	18,0	18,0	17,9	18,0
10 »	22,2	19,1	19,3	19,5	19,6	19,5	19,6
12 »	26,0	20,7	20,8	21,0	21,3	21,2	21,2
2 »	23,9	22,8	23,2	23,6	24,2	23,7	23,7
4 »	22,6	23,5	24,2	25,0	25,3	25,0	24,7
6 »	20,5	22,6	23,2	24,0	24,0	24,1	23,7
8 »	17,5	21,4	21,8	22,4	22,2	22,5	22,0
10 »	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	19,31	**20,11**	**20,42**	**20,83**	**20,88**	**20,85**	**20,82**
Schwankungen	11,2	5,9	6,5	7,0	7,4	7,1	6,7

Witterung:

Bew. u. st. W. bis 1½ U. Mg., dann G. bis 3 U., dann bew. Bis 6 U. nb. u. th. bew., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. bew. u. st. W.

3. September 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm, Durchmesser der Bröckchen: 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	8,5	15,0	15,4	16,0	16,2	16,2	16,0
2 »	6,6	13,3	13,7	13,8	14,0	14,2	14,0
4 »	5,0	11,8	12,0	12,4	12,7	12,9	12,8
6 »	5,4	11,6	11,9	12,2	12,4	12,6	12,6
8 »	15,2	12,0	12,1	12,3	12,7	12,6	12,7
10 »	19,9	14,6	14,6	14,6	15,0	14,8	15,0
12 »	21,4	18,2	18,4	18,6	19,0	18,4	18,6
2 »	23,3	21,0	21,8	22,2	22,7	22,0	22,2
4 »	23,0	22,1	23,2	24,0	24,2	23,6	23,6
6 »	19,0	21,6	22,7	23,6	23,7	23,4	23,3
8 »	14,8	19,6	20,4	21,3	21,4	21,3	21,2
10 »	12,4	17,4	18,0	18,6	18,8	18,8	18,6
Mittel	14,54	**16,51**	**17,02**	**17,46**	**17,73**	**17,56**	**17,55**
Schwankungen	18,3	10,50	11,3	11,8	11,8	11,0	11,0

Witterung:

Kl. Vorm. schw. W. M. mst. W. Nachm. schw. W. Ab. r.

4. September 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm, Durchmesser der Bröckchen: 0,0–0,25 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,5–6,75 mm	6,75–9,00 mm
12 Uhr	8,5	15,7	16,2	16,8	17,0	17,1	16,9
2 »	8,4	14,6	14,8	15,4	15,8	15,8	15,6
4 »	7,9	13,4	13,8	14,2	14,5	14,6	14,4
6 »	8,3	12,8	13,2	13,6	13,8	14,0	13,8
8 »	18,6	13,2	13,3	13,6	13,9	13,8	13,8
10 »	23,4	16,4	16,4	16,4	16,8	16,3	16,6
12 »	26,5	20,1	20,6	20,6	21,0	20,3	20,6
2 »	28,4	23,3	24,2	24,6	25,0	24,2	24,4
4 »	27,8	24,7	25,9	26,3	26,7	26,2	26,2
6 »	22,2	23,8	25,0	25,5	25,8	25,5	25,3
8 »	17,2	21,7	22,6	22,8	23,2	23,2	22,8
10 »	14,6	19,7	20,2	20,6	20,8	20,8	20,6
Mittel	17,65	**18,28**	**18,85**	**19,20**	**19,52**	**19,31**	**19,25**
Schwankungen	20,5	11,9	12,7	12,7	12,9	12,4	12,4

Witterung:

Kl. Vorm. schw. W. M. st. W. Nachm. schw. W. Ab. r. und schw. bew.

5. September 1879.

Zeit	Luft-temperatur	Lehm — Durchmesser der Bröckchen 0,0-0,25 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	6,75-9,00 mm
12 Uhr	13,8	18,4	18,8	19,2	19,3	19,4	19,2
2 »	13,8	17,2	17,4	17,8	18,0	18,2	17,9
4 »	11,0	16,0	16,3	16,6	16,9	17,0	16,8
6 »	10,0	15,0	15,2	15,6	16,0	15,9	15,8
8 »	19,1	15,0	15,1	15,3	15,7	15,6	15,6
10 »	23,2	17,8	17,8	17,8	18,1	17,7	17,9
12 »	25,4	20,8	21,2	21,2	21,6	20,9	21,2
2 »	25,6	23,0	24,2	24,4	24,6	24,1	24,2
4 »	25,3	24,0	25,4	25,6	25,8	25,4	25,4
6 »	21,8	23,2	24,6	25,0	25,2	25,0	24,8
8 »	18,4	21,8	22,8	23,2	23,4	23,4	23,2
10 »	16,0	19,7	20,4	20,8	21,0	21,0	20,8
Mittel	18,62	**19,32**	**19,93**	**20,18**	**20,46**	**20,30**	**20,23**
Schwankungen	15,6	9,0	10,3	10,3	10,1	9,8	9,8

Witterung:

Bis fr. kl., dann nb. Der Himmel schw. bew. bis Ab., dann kl. Vorm. schw. W. u. Nachm. mst. W. Ab. r.

6. September 1879.

Zeit	Luft-temperatur	0,0-0,25 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm	6,75-9,00 mm
12 Uhr	11,6	17,6	18,0	18,4	18,6	18,6	18,4
2 »	11,0	16,2	16,6	17,0	17,4	17,4	17,2
4 »	10,0	15,0	15,4	15,8	16,2	16,2	16,0
6 »	11,0	14,6	14,8	15,2	15,6	15,6	15,5
8 »	18,0	14,8	15,0	15,2	15,6	15,5	15,6
10 »	20,6	17,3	17,3	17,3	17,6	17,2	17,4
12 »	25,2	20,7	21,2	21,0	21,4	20,8	21,1
2 »	25,8	23,6	24,8	24,8	25,1	24,5	24,6
4 »	23,4	23,8	25,4	25,6	25,8	25,4	25,3
6 »	19,6	22,6	23,8	24,1	24,1	24,0	23,8
8 »	18,2	21,2	22,2	22,4	22,6	22,6	22,4
10 »	17,8	—	—	—	—	—	—
Mittel	17,68	**18,85**	**19,50**	**19,71**	**20,00**	**19,80**	**19,75**
Schwankungen	15,8	9,2	10,6	10,4	10,2	9,9	9,8

Witterung:

Bis fr. kl., dann nb. Vorm. kl., schw. W. M. st. W. Nachm. schw. W., um 3 U. G. u. dann bew. u. schw. W. Ab. 9½ U. R.

Versuch V.

5. Juli 1881. | 6. Juli 1881.

Zeit	5. Juli 1881. Lufttemperatur	Lehm, Durchmesser der Bröckchen 0,0—0,25 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm	6. Juli 1881. Lufttemperatur	Lehm, Durchmesser der Bröckchen 0,0—0,25 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm
12 Uhr	18,0	21,0	21,0	21,2	21,4	21,7	18,0	25,0	24,6	25,1	25,6	26,0
2 »	17,4	20,0	20,0	20,2	20,6	20,8	17,4	23,0	22,8	23,2	23,8	24,2
4 »	16,9	18,6	18,6	19,0	19,2	19,4	17,6	21,4	21,3	21,8	22,4	22,6
6 »	25,2	17,6	17,6	18,0	18,2	18,4	26,4	19,8	19,9	20,4	20,8	21,2
8 »	29,2	18,4	18,5	18,6	18,6	18,8	30,0	20,4	20,6	20,8	21,2	21,5
10 »	30,0	20,9	21,2	20,8	20,8	21,0	33,2	23,0	23,4	23,2	23,4	23,6
12 »	31,0	23,6	24,2	23,4	23,4	23,5	34,0	25,2	26,0	25,4	25,7	25,8
2 »	31,8	25,8	26,6	26,0	26,0	25,9	34,8	26,6	28,2	27,6	27,8	27,7
4 »	32,0	27,8	29,1	28,4	28,6	28,4	34,6	27,6	30,0	29,4	29,8	29,6
6 »	30,1	28,9	29,4	29,2	29,5	29,3	29,2	28,2	30,2	30,0	30,4	30,4
8 »	24,8	28,6	28,6	28,6	29,0	29,0	20,6	27,0	28,6	28,6	29,2	29,3
10 »	21,4	26,8	26,6	26,8	27,3	27,5	19,5	25,1	26,4	26,7	27,4	27,7
Mittel	23,87	**23,17**	**23,45**	**23,35**	**23,55**	**23,64**	26,27	**24,37**	**25,17**	**25,55**	**25,62**	**25,80**
Schwankungen	15,1	11,3	11,8	11,2	11,3	10,9	17,4	8,4	10,3	9,6	9,6	9,2

5. Juli 1881. Witterung:

Kl. Nachm. außerdem schw. W. Ab. kl. u. r.

6. Juli 1881. Witterung:

Mg. kl. u. r. Vorm. schw. W. M. mst. W. Nachm. st. W. Von 6 U. Ab. ab bew. u. abw. schw. R. Von 6 U. Ab. ab bed.

7. Juli 1881. | 8. Juli 1881.

Zeit	7. Juli 1881. Lufttemperatur	Lehm 0,0—0,25 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm	8. Juli 1881. Lufttemperatur	Lehm 0,0—0,25 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50—6,75 mm	6,75—9,00 mm
12 Uhr	18,4	23,5	24,2	24,6	25,2	25,4	12,8	16,2	17,0	17,4	18,0	18,0
2 »	17,0	22,0	22,6	22,0	23,6	23,6	12,6	15,0	15,9	16,4	17,0	17,0
4 »	16,9	21,0	21,3	21,6	22,2	22,4	11,4	13,9	14,6	15,0	15,7	15,9
6 »	18,2	19,8	20,2	20,9	21,0	21,2	19,7	13,0	13,5	14,2	14,6	14,8
8 »	22,2	19,2	19,6	19,8	20,2	20,4	20,6	13,7	14,2	14,4	14,8	15,0
10 »	22,8	19,3	20,0	20,0	20,3	20,3	22,2	16,2	17,0	16,4	16,6	16,8
12 »	24,3	19,7	20,8	20,5	20,8	20,7	24,1	19,0	20,2	19,2	19,3	19,3
2 »	23,8	20,2	21,8	21,4	21,8	21,5	25,0	21,2	23,2	22,0	22,0	22,0
4 »	23,2	20,3	22,2	21,8	22,2	22,0	23,6	22,6	25,4	24,2	24,1	24,1
6 »	20,4	20,1	21,9	21,8	22,2	22,2	22,6	23,0	25,0	24,4	24,4	24,6
8 »	17,2	19,4	21,0	21,0	21,5	21,4	19,4	22,2	23,7	23,4	23,7	23,9
10 »	13,6	18,0	19,2	19,6	20,0	20,0	16,8	20,6	21,6	21,6	22,2	22,4
Mittel	19,83	**20,21**	**21,23**	**21,25**	**21,75**	**21,76**	19,23	**18,05**	**19,27**	**19,05**	**19,37**	**19,48**
Schwankungen	10,7	5,5	5,0	5,0	5,2	5,4	13,6	10,0	11,9	10,2	9,8	9,8

7. Juli 1881. Witterung:

Bis 4 U. Mg. abw. schw. R., dann bew. u. schw. W. Vorm. th. bew. u. st. W. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. abw. bew. gegen Mn. kl. Von 12—4 U. Mg. bed.

8. Juli 1881. Witterung:

Bis Mg. mst. kl. u. schw. W. Von da ab th. bew. u. schw. W. Ab. kl. u. r.

Mittel der Beobachtungen (°C.).

Versuch I (1879).

Weißer Quarzsand.

Korngröße.	0,0—0,25 mm	0,25—0,5 mm	0,5—1 mm	1—2 mm
Bodentemperatur v. 26. Juli bis 4. August	**20,81**	**23,67**	**23,93**	**24,10**
Differenz:		2,86	0,25	0,17
Schwankungen:	12,29	15,25	15,85	15,87.

Gelber Quarzsand.

Korngröße.	0,0—0,5 mm	1—2 mm	2—4,5 mm	4,5—6,75 mm
Bodentemperatur v. 26. Juli bis 4. August	**23,18**	**23,68**	**23,61**	**23,49**
Differenz:		0,50	— 0,07	— 0,22
Schwankungen:	12,12	11,54	10,92	11,14.

Versuch II (1881).

Weißer Quarzsand.

Korngröße.	0,0—0,25 mm	0,25—0,5 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	gemischt
Bodentemperatur v. 5.—8. Juli	**23,72**	**24,65**	**25,16**	**25,36**	**25,29**
Differenz:		0,83	0,51	0,20	
Schwankungen:	9,97	11,15	11,77	11,65	12,02.

Gelber Quarzsand.

Korngröße.	0,0—0,5 mm	1—2 mm	2—4,5 mm	4,5—6,75 mm
Bodentemperatur v. 5.—8. Juli	**23,81**	**25,92**	**25,64**	**25,60**
Differenz:		2,11	— 0,28	— 0,04
Schwankungen:	10,27	13,07	12,72	12,57.

Versuch III (1877).

Lehm.

	pulverförmig	bröcklich
Bodentemperatur v. 5.—14. Juni	**21,45**	**21,71**
Differenz:		0,26
Schwankungen:	6,22	5,46.

Versuch IV (1879).

Lehm.

Korngröße.	0,0—0,25 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	2—4,5 mm	4,5—6,75 mm	6,75—9,0 mm
Bodentemperatur v. 30. Aug. bis 6. Sept.	**18,91**	**19,39**	**19,71**	**19,94**	**19,79**	**19,77**
Differenz:		0,48	0,32	0,23	—0,15	—0,02
Schwankungen:	9,22	10,15	10,30	10,53	10,03	9,92.

Versuch V (1881).

	Lehm. Korngröße.				
	0,0—0,25 mm	1—2 mm	2—4,5 mm	4,5—6,75 mm	6,75—9,0
Bodentemperatur: v. 5.—8. Juli	**21,45**	**22,28**	**22,30**	**22,57**	**22,67**
Differenz:	0,83	0,02	0,27	0,10	
Schwankungen:	8,80	9,75	9,0	8,97	8,82.

2. Gang der Temperatur in verschiedenen Monaten während der Vegetationszeit.

In den nachfolgenden Versuchen waren die zur Aufnahme der Versuchsböden bestimmten kastenförmigen, unten offenen Holzrahmen[1]) bis 1 cm unter dem Rande in die Erde gegraben. Die Böden ruhten daher auf dem vollständig durchlässigen Untergrunde auf. Die Niederschläge und die Sonnenstrahlen hatten ungehinderten Zutritt.

Der Lehm in Versuch VI wurde in seinem natürlichen Zustande belassen, in Versuch VII dagegen mit feinem Steinkohlengrus oberflächlich schwarz gefärbt, damit die Textur des Bodens unabhängig von der von letzterer abhängigen Beschaffenheit der Oberfläche zur alleinigen Wirkung gelange.

Die Temperaturbeobachtungen[2]) wurden in Versuch VI früh um 7 und Nachmittags um 5 Uhr, in den beiden anderen Versuchen außerdem noch Mittags um 12 Uhr angestellt.

Nachstehende Tabellen enthalten die fünftägigen und Monatsmittel aus den bezüglichen Einzelbeobachtungen:

---

[1]) In Versuch VI und VII hatten dieselben einen Querschnitt von 1600 □cm und eine Tiefe von 25 cm, in Versuch VIII einen Querschnitt von 625 □cm und eine Höhe von 20 cm.

[2]) Dieselben wurden in Versuch VI und VII in 15 cm, in Versuch VIII in 10 cm Tiefe angestellt.

Versuch VI (1877).

Datum	Luft-temperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Datum	Luft-temperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich
15.—20. April	2,21	5,64	5,73	1.—5. August	15,56	17,04	17,62
21.—25. »	3,59	5,34	5,30	6.—10. »	16,99	19,82	19,79
26.—30. »	6,77	8,98	9,21	11.—15. »	17,10	19,61	19,57
				16.—20. »	18,69	20,68	21,08
Mittel	4,19	**6,65**	**6,75**	21.—25. »	18,52	19,68	19,91
				26.—31. »	19,02	19,88	20,50
1.—5. Mai	4,84	7,58	8,07	Mittel	17,65	**19,45**	**19,74**
6.—10. »	8,94	10,07	10,15				
11.—15. »	10,52	10,79	10,92	1.—5. Sept.	13,54	16,06	16,48
16.—20. »	10,49	11,47	11,80	6.—10. »	12,77	15,42	15,70
21.—25. »	9,31	10,89	11,20	11.—15. »	14,19	16,89	16,93
26.—31. »	12,81	13,92	14,86	16.—20. »	9,87	13,07	13,69
				21.—25. »	7,90	10,51	11,11
Mittel	9,48	**10,79**	**11,17**	26.—30 »	4,26	8,57	9,08
1.—5. Juni	15,91	17,42	18,05	Mittel	10,42	**13,42**	**13,83**
6.—10. »	18,71	20,60	20,95				
11.—15. »	20,09	22,82	22,61	1.—5. Oktober	8,17	9,72	10,17
16.—20. »	14,82	17,45	17,20	6.—10. »	3,51	7,04	7,67
21.—25. »	18,64	20,05	20,19	11.—15. »	7,04	7,80	7,89
26.—30. »	15,20	18,69	19,49	16.—20. »	5,24	4,31	4,67
				21.—25. »	6,97	6,34	6,32
Mittel	17,23	**19,50**	**19,75**	26.—31. »	6,22	6,84	6,99
1.—5. Juli	17,99	19,76	20,05	Mittel	6,19	**7,01**	**7,28**
6.—10. »	15,55	16,76	17,20				
11.—15. »	17,59	19,53	19,79				
16.—20. »	14,92	17,13	17,46				
21.—25. »	18,85	19,80	20,30				
26.—31. »	15,31	17,43	17,67				
Mittel	16,70	**18,40**	**18,74**				

Mittel sämmtlicher Beobachtungen:

	Luft-temperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich
Vom 15. April bis 31. Oktober	12,27	14,14	14,44
Differenz	—	**0,30** °C.	

Versuch VII (1878).

Datum	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich	Datum	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich
1.—5. Mai	12,37	13,97	13,70	1.—5. August	13,95	17,81	17,73
6.—10. »	12,79	14,83	14,88	6.—10. »	17,11	20,01	19,89
11.—15. »	13,46	16,48	16,55	11.—15. »	18,31	20,00	20,16
16.—20. »	16,36	18,40	19,00	16.—20. »	16,24	18,48	18,91
21.—25. »	12,64	15,01	15,58	21.—25. »	14,81	17,39	17,49
26.—31. »	10,50	14,05	14,08	26.—31. »	17,27	18,08	18,13
Mittel	13,02	15,46	15,63	Mittel	16,28	18,63	18,72
1.—5. Juni	14,11	15,79	15,75	1.—5. Sept.	13,79	16,90	17,00
6.—10. »	13,79	17,14	17,10	6.—10. »	17,29	19,05	19,28
11.—15. »	16,27	19,55	19,95	11.—15. »	15,00	17,07	17,07
16.—20. »	12,81	16,87	17,03	16.—20. »	13,72	15,09	15,24
21.—25. »	15,75	19,80	20,10	21.—25. »	10,27	13,05	13,31
26.—30. »	16,54	20,81	21,47	26.—30. »	10,04	13,05	13,11
Mittel	14,88	18,33	18,57	Mittel	13,35	15,70	15,83
1.—5. Juli	14,50	17,87	18,30				
6.—10. »	16,16	18,11	18,16				
11.—15. »	15,12	16,85	17,01				
16.—20. »	15,49	19,99	20,36				
21.—25. »	18,77	22,37	22,19				
26.—31. »	15,49	18,00	17,94				
Mittel	15,92	18,86	18,99				

Mittel sämmtlicher Beobachtungen:

	Lufttemperatur	Lehm pulverförmig	Lehm bröcklich
Vom 1. Mai bis 30. September	14,69	17,39	17,55
Differenz	—	0,16 °C.	

Versuch III (1878).

Datum	Lufttemperatur	Gelber Quarzsand I 0,0–0,25 mm	Gelber Quarzsand II 0,5–1,0 mm	Gelber Quarzsand III 1–2 mm	Gelber Quarzsand IV 2–4,5 mm
Mai					
1.—5.	12,37	14,73	15,56	16,14	15,91
6.—10.	12,79	15,09	16,19	16,67	16,48
11.—15.	13,46	16,68	18,08	18,86	18,47
16.—20.	16,36	18,71	20,12	20,83	20,21
21.—25.	12,64	14,93	15,52	15,93	15,97
26.—31.	10,50	13,99	15,00	15,56	15,46
Mittel	13,02	**15,68**	**16,74**	**17,33**	**17,08**
Juni					
1.—5.	14,11	16,00	16,50	17,17	17,05
6.—10.	13,79	17,09	18,43	19,13	18,76
11.—15.	16,27	20,07	20,76	21,24	21,19
16.—20.	12,81	16,58	17,68	18,31	17,59
21.—25.	15,75	20,11	21,06	21,89	21,37
26.—30.	16,54	21,18	22,63	23,19	22,63
Mittel	14,88	**18,51**	**19,51**	**20,15**	**19,76**
Juli					
1.—5.	14,50	17,51	18,12	18,65	18,79
6.—10.	16,16	18,36	19,51	20,23	20,07
11.—15.	15,12	16,69	17,42	17,99	18,05
16.—20.	15,49	20,48	22,53	22,46	21,90
21.—25.	18,77	22,33	22,80	23,41	23,04
26.—31.	15,49	17,53	17,93	18,51	18,76
Mittel	15,92	**18,82**	**19,72**	**20,21**	**20,10**
August					
1.—5.	13,95	17,67	18,89	18,88	19,27
6.—10.	17,11	20,01	21,06	21,88	21,55
11.—15.	18,31	19,80	20,94	21,71	21,50
16.—20.	16,24	18,21	19,39	19,82	19,72
21.—25.	14,81	17,24	17,74	18,45	18,41
26.—31.	17,27	18,07	18,41	18,91	19,00
Mittel	16,28	**18,50**	**19,40**	**19,94**	**19,91**
Septemb.					
1.—5.	13,79	16,86	17,78	18,42	18,42
6.—10.	17,29	19,08	19,84	20,42	20,10
11.—15.	15,00	16,94	17,36	17,79	17,72
16.—20.	13,72	14,86	15,51	16,17	16,17
21.—25.	10,27	12,51	12,91	13,26	13,41
26.—30.	10,04	12,65	13,22	13,81	13,61
Mittel	13,35	**15,48**	**16,10**	**16,64**	**16,57**
Mittel sämmtlicher Beobachtungen:					
Vom 1/V. bis 30/IX.	14,69	17,40	18,29	18,85	18,68
Differenz		1,45° C.			

Ueberblickt man sämmtliche vorstehenden Zahlen, so ergiebt sich in Uebereinstimmung mit den in Versuchsreihe I gewonnenen Resultaten:

1) daß die Temperatur des Bodens während der wärmeren Jahreszeit bis zu einem gewissen Korndurchmesser um so höher ist, je gröber die Partikelchen sind, daß dieselbe aber weiterhin wieder abnimmt,
2) daß der Boden im bröcklichen Zustande wärmer ist, als im pulverförmigen,
3) daß die Temperaturschwankungen in der gleichen Weise wie die Durchschnittstemperaturen zu- und abnehmen,
4) daß die Gemische verschiedener Kornsorten hinsichtlich ihrer Erwärmung die Mitte zwischen den Extremen halten,

5) daß die sub 1 und 2 charakterisirten Unterschiede im feuchten Zustande der Böden bedeutend größer sind, als im trockenen.

Um die Ursachen der im Bisherigen mitgetheilten Resultate zu ergründen, wird man auf die Modifikationen einzugehen haben, welche die einzelnen für die Erwärmung des Erdreichs maßgebenden Faktoren unter dem Einfluß der Struktur erleiden.

Die Bodentemperatur ist von der Wärmekapacität, Wärmeleitung, dem Absorptions- und Emissionsvermögen für die Wärmestrahlen, der Permeabilität, dem Wassergehalt u. s. w. abhängig. Je nach dem Grade der Wirkung dieser Faktoren wird sich die Bodentemperatur verschieden gestalten. In diesen Wirkungen, welche im Allgemeinen bekannt sind, wird demnach die Erklärung der gefundenen thatsächlichen Verhältnisse zu suchen sein.

Die Wärmekapacität, bezogen auf das Volumen[1]), ist um so größer, je mehr Masse in der Volumeinheit enthalten und je höher der Wassergehalt des Bodens ist. Nach beiden Richtungen lassen sich sehr erhebliche Unterschiede zwischen den Kornsortimenten der Versuchsböden constatiren.

Bei dem Lehm nimmt nach anderweitigen Beobachtungen des Referenten die relative Raumerfüllung ab, in dem Grade der Durchmesser der Krümel zunimmt[2]).

Der weiße Quarzsand zeigte in seinen verschiedenen Korngrößen ein

[1]) Vergl. *A. von Liebenberg*, Untersuchungen über die Bodenwärme. Halle 1875. *A. von Liebenberg*, Ueber den gegenwärtigen Stand der Bodenphysik, Diese Zeitschrift Bd. I. S. 33 u. ff.

[2]) In den oben mitgetheilten Versuchen über den Wassergehalt des Bodens bei verschiedener Struktur zeigten die Krümel von verschiedener Größe allerdings ein gleiches Volumgewicht. Es bleibt aber hierbei zu berücksichtigen, daß in jenen Versuchen die Lagerung der Krümel durch sanftes Eindrücken der einzelnen Schichten bei dem Einfüllen der Gefäße künstlich abgeändert wurde. Bei gleichem Druck steht das Volumgewicht im umgekehrten Verhältniß zu der Größe der Krümel. So betrug z. B. dasselbe in dem Verdunstungsversuch vom Jahre 1881 bei dem Lehm:

Korngröße mm	Volumgewicht grm	Korngröße mm	Volumgewicht grm
0,0—0,25	15390	4,5—6,75	12820
1,0—2,0	14160	6,75—9,0	11990
2,0—4,5	13080		



gleiches Volumgewicht, wodurch der bereits von *C. Lang*[1]) und *C. Flügge*[2]) mathematisch gelieferte Nachweis experimentell bestätigt wird, daß bei kugeliger Gestalt der Bodentheilchen das Verhältniß von Masse und Zwischenräumen sich gleich bleibt. Das Volumgewicht des unveränderten Bodens stellte sich höher als dasjenige der einzelnen Kornsortimente, weil die Raumerfüllung wegen Zwischenlagerung der kleineren Theilchen in die von den größeren gebildeten Lücken eine vollständigere war.

Die Körnchen des gelben Quarzsandes waren nicht so regelmäßig gestaltet, wie die des weißen Sandes, dennoch war das Gewicht desselben Volumens bei den verschiedenen Kornsortimenten ein gleiches.

Ueberblickt man diese Angaben, so ergiebt sich ohne Weiteres, daß die Versuchsresultate nicht zu begründen sein würden, wenn nur die Wärmekapacität als solche in Betracht käme, weil sonst die verschiedenen Kornsortimente der Sandböden eine gleiche Temperatur, und das Gemisch derselben eine geringere Erwärmung hätte zeigen müssen. Indessen darf nicht außer Acht gelassen werden, daß das Versuchsmaterial nicht vollständig trocken war, wie bisher angenommen, sondern sich im lufttrockenen Zustande befand, also entsprechend seiner Hygroskopicität größere und geringere Mengen von condensirtem Wasserdampf enthielt. Der letztere hat, wie leicht begreiflich und durch Versuche von *A. von Schwarz*[3]) besonders nachgewiesen wurde, einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die spezifische Wärme des Bodens, d. h. die letztere wächst mit der Menge des verdichteten Wasserdampfes. Da nun das Condensationsvermögen der Böden für Dämpfe wächst in dem Maße der Durchmesser der Bodentheilchen abnimmt[4]), so mußte auch in den vorliegenden Versuchen die Wärmekapacität der Bodenarten im lufttrockenen Zustande um so höher sein, je feiner die einzelnen Körner und Krümel waren, mit anderen Worten: zur Erwärmung gleicher Volumina wird eine um so größere Wärmemenge nothwendig sein, je feinkörniger der Boden ist. In dem

[1]) *C. Lang*, Ueber Wärmekapacität der Bodenconstituanten. Diese Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 122.

[2]) *C. Flügge*, Beiträge zur Hygiene. Leipzig. 1879 und diese Zeitschrift Bd. III. 1880. S. 15.

[3]) *A. R. von Schwarz*, Vergleichende Versuche über die physikalischen Eigenschaften verschiedener Bodenarten. Diese Zeitschrift Bd. II. 1879. S. 168.

[4]) *G. Ammon*, Untersuchungen über das Condensationsvermögen der Bodenconstituenten für Gase. Diese Zeitschrift Bd. II. 1879. S. 27.

vollständig durchfeuchteten Boden müssen die bezüglichen Unterschiede noch größer werden, weil die Struktur auf die von dem Boden festgehaltenen Mengen flüssigen Wassers einen ungleich größeren Einfluß ausübt, als auf die des condensirten dampfförmigen.

Wie man sieht, könnte die Wärmekapacität in der geschilderten Weise zur Erklärung der gefundenen Resultate in denjenigen Fällen herangezogen werden, wo die Bodentemperatur mit der Abnahme der Feinheit der Bodenpartikelchen stieg; aber es wäre nicht möglich, von diesem Gesichtspunkt aus jene Ergebnisse zu begründen, welche eine verminderte Erwärmung bei weiterer Vergrößerung der Bodentheilchen und Krümel zeigten. Hier mußten offenbar Einflüsse anderer Art den Effekt der Wärmekapacität verdeckt haben.

Hinsichtlich der Ausstrahlung haben die Versuche von *C. Lang* gezeigt[1]), daß dieselbe bei glatter Oberfläche geringer ist, als bei rauher. Nun besaß der Boden bei feinkörniger Textur eine glatte, bei grobkörniger eine mehr rauhe Oberfläche. Demgemäß war auch in den mitgetheilten Versuchen, namentlich bei trockener Beschaffenheit der Böden, die Abkühlung während der Nacht absolut und relativ um so größer, je grobkörniger der Boden war. Daß bei dem feuchten Material diese Unterschiede weniger hervortraten liegt wohl darin begründet, daß bei der Durchfeuchtung des Bodens, vorzüglich wenn dieselbe seitens der atmosphärischen Niederschläge erfolgt, die vorher bestandenen Verschiedenheiten in der Oberflächenbeschaffenheit mehr oder weniger beseitigt werden.

Die Permeabilität des Bodens für Luft ist insofern für den Wärmegrad desselben von Belang, als des Nachts durch Einsinken der kalten schweren atmosphärischen Luft in die mit wärmerer und deshalb leichterer Luft erfüllten Hohlräume des Erdreiches eine Herabminderung der Temperatur in Letzterem eintreten muß. Da mit dem Durchmesser der Körnchen und Krümel die Permeabilität in bedeutendem Grade zunimmt[2]), so muß in gleicher Weise der Boden während der Nachtzeit eine Erniedrigung der Temperatur erfahren, was wie gezeigt, in der That der Fall war. In dem feuchten Boden konnte dieser Einfluß weniger zur

[1]) *C. Lang*, Ueber Wärmeabsorption und -Emission des Bodens. Diese Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 406.

[2]) *G. Ammon*, Untersuchungen über die Permeabilität des Bodens für Luft. Diese Zeitschrift Bd. III. 1880. S. 225.



Wirkung gelangen, weil sowohl bei künstlicher als auch bei natürlicher Durchfeuchtung desselben eine engere Aneinanderlagerung und ein theilweises Verschlemmen der Partikel und Krümel, ebenso eine Krustenbildung herbeigeführt wurde.

In der Wärmeleitungsfähigkeit unterscheiden sich die Böden von verschiedener Struktur nach den Untersuchungen von *E. Pott*[1]) in der Weise, daß dieselbe im trockenen Boden mit der Zunahme des Korn- resp. des Krümeldurchmessers steigt, wahrscheinlich weil die Wärmeleitung bei gröberer Struktur weniger oft unterbrochen wird, als bei feiner. Damit würden die in Versuchsreihe I bei den lufttrockenen feinen Sortimenten gefundenen Resultate zum Theil, dagegen die Temperaturverhältnisse der gröberen Materialien nicht erklärt werden können.

Wesentlich modificirt wird die Wärmeleitungsfähigkeit der betreffenden Böden durch das in wechselnden Mengen in denselben auftretende Wasser. Bekanntlich nimmt die Fortpflanzungsfähigkeit der Böden für Wärme mit dem Wassergehalt derselben in bedeutendem Grade zu[2]). In Ansehung, daß letzterer mit abnehmendem Feinheitsgrade beträchtlich steigt, sowie, daß der Einfluß des Wassers auf das Verhalten der Böden zur Wärme in bezeichneter Richtung ein sehr durchgreifender ist, wird geschlossen werden dürfen, daß die Wärmeleitungsfähigkeit im feuchten Zustande der Böden sich in entgegengesetzter Weise wie im trockenen gestalten, d. h. daß dieselbe bei feuchter Beschaffenheit der Böden um so größer sein muß, je feiner die Partikel und Krümelchen sind. Allein die Einwirkung des Bodenwassers auf die Wärmeleitung läßt sich, wie die mitgetheilten Zahlen darthun, unter natürlichen Verhältnissen nicht nachweisen, offenbar weil durch die Verdunstung an der Oberfläche des Bodens ein so starker Wärmeverbrauch stattfindet, daß die bessere Wärmeleitung des feuchten feinen Bodens nicht zur Geltung kommen kann. Je feinkörniger der Boden ist, um so mehr besitzt er die Fähig-

[1]) *E. Pott*, Untersuchungen betreffend die Fortpflanzung der Wärme im Boden durch Leitung. Landw. Versuchsstationen. Bd. XX. 1877. S. 311.

[2]) *E. Pott*, a. a. O., S. 331. Vergl. ferner: *A. von Littrow*, Ueber die relative Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Bodenarten und den betreffenden Einfluß des Wassers. Sitzungsber. d. k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. LXXI. II. Abthlg. 1875. Januarheft. — *F. Haberland*, Ueber die Wärmeleitung im Boden. Wissenschaftlich praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Wien 1875. Bd. I. S. 33—63.

keit, das verdunstete Wasser auf kapillarem Wege zu ersetzen, um so länger hält sich deshalb die Oberfläche feucht und um so größer ist demnach die durch die Verdunstung des Wassers latent werdende Wärmemenge. Aus diesen Gründen werden sich die feinkörnigen Böden, deren Oberfläche längere Zeit feucht bleibt, niemals in den oberen Schichten so stark erwärmen können, als die von gröberer Struktur. Für die höhere Temperatur der letzteren spricht aber noch ein weiterer Umstand, nämlich die außerordentlich schnelle Abtrocknung ihrer Oberfläche und die hiermit verbundene Tieferlegung der Verdunstungsschichte. In den gröberen Sandsorten wird das Wasser überhaupt nicht, in dem krümeligen Boden nur langsam kapillar bis zur Oberfläche gehoben [1]). Deshalb vermögen diese Böden bei warmer, regenloser und windiger Witterung den oberflächlich stattgehabten Verlust nicht zu decken und sie trocknen daher in größerer oder geringerer Tiefe in ihren obersten Schichten aus. In dem Grade dies geschieht, wird die Verdunstung bedeutend vermindert [2]) und damit zur Erhöhung der Bodentemperatur eine größere Wärmemenge disponibel.

Aus dieser Darlegung der Modifikationen, welchen die einzelnen, für die Temperatur des Bodens maßgebenden Eigenschaften desselben unter dem Einfluß der Struktur unterliegen, geht ohne Weiteres hervor, daß die in bezeichneter Richtung auftretenden Erscheinungen aus einer Complikation verschiedener theils sich unterstützender, theils gegenseitig aufhebender Ursachen herrühren und daher nicht aus einer einzigen Ursache erklärt werden können. Um daher die in obigen Zahlentabellen enthaltenen Thatsachen richtig zu interpretiren, wird man alle, in jedem einzelnen Fall einschlagenden Verhältnisse genau berücksichtigen müssen. Bei einem derartigen Verfahren dürfte es nicht schwer sein, die Ergebnisse vorliegender Versuche zu deuten und aus denselben allgemein giltige Schlußfolgerungen zu ziehen, zumal die Wirkung der isolirten Faktoren mit hinreichender Sicherheit bekannt ist.

---

[1]) *H. von Klenze*, Untersuchungen über die kapillare Wasserleitung im Boden und die kapillare Sättigungskapacität desselben für Wasser. Landw. Jahrbücher. 1877. Heft 1.

[2]) *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Diese Zeitschrift Bd. III. 1880. S. 325.



Zweifellos ist für die Erwärmung der Böden von verschiedener Struktur der Wassergehalt derselben von maßgebendstem Einfluß. Zwar wird mit steigendem Wassergehalt die Wärmeleitung erhöht und, wie gezeigt, der Boden demgemäß mit Zunahme der Feinheit die Wärme besser zu leiten vermögen; allein diese Eigenschaft kommt dem Boden nicht zu Statten, weil mit der Abnahme des Korndurchmessers die Wärmekapacität und der mit der Verdunstung an der Oberfläche verbundene Wärmeverbrauch in bedeutendem Grade wachsen. Aus diesem Grunde ist die Temperatur des Erdreiches um so niedriger, je feiner die sie bildenden Partikelchen und Krümelchen sind. Ebenso ergiebt sich aus Vorstehendem, daß die Temperaturdifferenzen um so größer ausfallen müssen, je größer die Unterschiede in dem Wassergehalt der Böden sind. Es erklärt sich hieraus die in den mitgetheilten Versuchen vielfach hervortretende Erscheinung, daß die verschieden feinen Böden, wenn sie nach ihrer Sättigung durch Regen oder durch künstliche Anfeuchtung einer trockenen und warmen Witterung ausgesetzt waren, anfangs in ihren Temperaturverhältnissen die größten Differenzen zeigten, daß letztere aber weiterhin abnahmen, weil die feineren Versuchsmaterialien relativ stärker austrockneten und die Unterschiede in dem Wassergehalt, also auch in der Verdunstungsgröße und in der Wärmekapacität in dem gleichen Maße abnahmen. Der Gang der Witterung hat demnach einen hervorragenden Einfluß auf den Grad der Erwärmung verschieden feiner Bodenarten. Je feuchter der Boden ist und je stärker die Faktoren der Verdunstung ihre Wirkung zur Geltung bringen können, d. h. je höher die Temperatur, je stärker die Luft bewegt und je geringer deren Feuchtigkeitsgehalt ist, um so größere Unterschiede werden in den Wärmeverhältnissen des Erdreiches sich bemerkbar machen, während unter den entgegengesetzten äußeren Umständen die Temperaturunterschiede geringer werden, sich zuweilen ausgleichen oder in umgekehrter Richtung auftreten; letzteres dann, wenn die Oberfläche des feinsten Materials abgetrocknet und dadurch die Verdunstung so bedeutend herabgedrückt ist, daß die bessere Wärmeleitung desselben zur vollen Geltung kommen kann. Beispiele dieser Art finden sich mehrere in den mitgetheilten Zahlenreihen.

Die Thatsache, daß von einer bestimmten Grenze ab mit der Zunahme des Korndurchmessers die Erwärmung des Bodens eine Verminderung erleidet, dürfte sich in keiner anderen Weise als dadurch erklären

lassen, daß die atmosphärische Luft bei eintretender Erkaltung während der Nacht die wärmere, leichtere, in den Hohlräumen des Bodens eingeschlossene Luft verdrängt und damit eine Abkühlung der tieferen Bodenschichten herbeiführt, die um so größer sein muß, je leichter die Luft in den Boden eindringen kann, d. h. je gröber die Bodentheilchen sind. Ebenso wird bei steigender Temperatur in den Böden mit größerem Korndurchmesser wegen der höheren Luftkapacität und der geringeren Wärmeleitungsfähigkeit die Erwärmung langsamer erfolgen, als bei einem Boden von bestimmter mittlerer Feinheit, in welchem das Maximum der Temperatur eintritt. Für diese Vorgänge liefern die oben aufgeführten Daten über den täglichen Gang der Bodentemperatur zahlreiche Anhaltspunkte.

Die übrigen Details sind den obigen Erörterungen zu entnehmen.

Versuchsreihe III (1878 u. 1879).

Temperatur des Bodens von verschiedener Struktur im feuchten Zustande während des Winters.

In den folgenden Versuchen handelte es sich hauptsächlich darum, die Temperaturverhältnisse der Böden von verschiedener Struktur im gefrorenen Zustande und während des Aufthauens im Frühjahr kennen zu lernen.

Die Böden befanden sich in Zinkkästen von cubischer Form und 8 Liter Inhalt und wurden vor Beginn des Versuchs mit Wasser gesättigt. Die Kästen wurden alsdann auf einem Tisch im Freien aufgestellt und seitlich mit einem Holzrahmen aus starken Brettern umgeben; der zwischen den letzterem und der Kastenwand befindliche, 5 cm weite Raum wurde bis zum Rande mit Heu ausgestopft.

In Versuch I und II wurde die Temperatur alle 2 Stunden, Tag und Nacht, in Versuch III Morgens um 8 Uhr und Nachmittags um $4\,^1/_2$ Uhr abgelesen[1]). Die folgenden Tabellen enthalten die Beobachtungsresultate.

---

[1]) In 10 cm Tiefe.

Versuch I.

5. Januar 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand Korngröße 0,25–0,50 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0–0,5 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm
12 Uhr	—0,9	1,4	1,1	1,0	1,4	1,2	1,1	1,2
2 »	—2,0	0,9	0,7	0,7	1,1	0,9	0,8	0,9
4 »	—4,0	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4
6 »	—2,2	0,4	0,1	0,2	0,6	0,4	0,2	0,1
8 »	—1,4	0,2	—0,1	0,1	0,4	0,2	0,0	—0,1
10 »	—0,4	0,0	—0,2	0,0	0,2	0,0	—0,1	—0,1
12 »	0,4	0,0	—0,2	0,0	0,0	0,0	—0,1	—0,1
2 »	0,4	0,0	—0,2	0,0	0,0	0,0	—0,2	—0,1
4 »	—0,2	0,0	—0,2	0,0	0,0	0,0	—0,1	—0,1
6 »	—2,0	0,0	—0,2	0,0	—0,1	0,0	—0,1	—0,2
8 »	—4,9	—0,1	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
10 »	—4,8	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
Mittel	—1,83	+0,27	+0,08	+0,20	+0,33	+0,27	+0,12	+0,12
Schwankungen	5,3	1,6	1,3	1,0	1,6	1,2	1,3	1,4

Witterung:

Bis Mg. ab. bew. u. r., dann bew. u. mst. W. Vorm.—Nachm. S. u. st. W. Von Nachm. 4 U. ab abw. bew. u. mst. W. Ab. kl. u. r.

6. Januar 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand 0,25–0,50 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	Gelber Quarzsand 0,0–0,5 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm
12 Uhr	—3,0	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
2 »	—2,7	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
4 »	—2,2	—0,2	—0,3	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
6 »	—2,2	—0,2	—0,3	—0,1	—0,2	—0,2	—0,2	—0,2
8 »	—2,3	—0,2	—0,3	—0,2	—0,2	—0,2	—0,2	—0,2
10 »	—1,3	—0,1	—0,3	0,0	—0,2	—0,1	—0,2	—0,1
12 »	—1,0	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	—0,1	—0,2	—0,2
2 »	0,6	—0,1	—0,2	0,0	—0,2	—0,1	—0,2	—0,2
4 »	—1,6	—0,1	—0,2	0,0	—0,1	0,0	—0,2	—0,2
6 »	—1,6	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
8 »	—2,0	—0,2	—0,2	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
10 »	—2,2	—0,2	—0,2	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
Mittel	—1,79	—0,17	—0,23	—0,06	—0,19	—0,06	—0,20	—0,19
Schwankungen	3,6	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1

Witterung:

Bis fr. bew., dann ver. Ab. bew.

7. Januar 1879.

Zeit	Lufttemperatur.	Weißer Quarzsand Korngröße 0,25-0,50 mm	0,5—1.0 mm	1—2 mm	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm
12 Uhr	—3,0	—0,2	—0,3	—0,3	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
2 »	—3,2	—0,2	—0,3	—0,3	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
4 »	—3,2	—0,2	—0,4	—0,4	—0,2	0,0	—0,2	—0,3
6 »	—3,0	—0,2	—0,4	—0,6	—0,2	0,0	—0,2	—0,5
8 »	—6,7	—0,2	—0,6	—0,9	—0,2	0,0	—0,4	—0,7
10 »	—5,0	—0,1	—0,8	—1,2	0,0	0,0	—0,6	—1,4
12 »	—3,4	—0,1	—0,5	—0,4	0,0	0,0	—0,4	—1,2
2 »	—3,4	—0,1	—0,9	—1,0	0,0	0,0	—0,6	—1,4
4 »	—4,0	—0,2	—1,2	—1,7	0,0	—0,4	—1,2	—2,0
6 »	—5,0	—0,2	—1,4	—2,0	—0,2	—0,8	—1,7	—2,6
8 »	—5,0	—0,4	—1,5	—2,2	—0,2	—1,0	—2,2	—3,2
10 »	—5,0	—0,6	—1,6	—2,2	—0,2	—1,2	—2,7	—3,6
Mittel	—4,16	—0,23	—0,83	—1,10	—0,13	—0,28	—0,88	—1,44
Schwankungen	3,7	0,5	1,3	1,9	0,2	1,2	2,5	3,4

Witterung:

Bis Mg. bew. u. ver. Von da ab bis Nachm. kl. Von 4 U. ab abw. bew. Ab. bew.

8. Januar 1879.

12 Uhr	— 5,8	—0,8	—1,8	—2,3	—0,2	—1,6	—3,3	—4,0
2 »	— 6,4	—1,2	—2,2	—3,0	—0,2	—2,2	—3,9	—4,5
4 »	— 6,8	—1,6	—2,4	—3,8	—0,3	—3,2	—4,8	—5,4
6 »	— 5,4	—1,4	—2,4	—3,6	—0,3	—3,5	—5,0	—5,5
8 »	— 4,9	—1,5	—2,2	—3,8	—0,4	—3,6	—4,8	—5,4
10 »	— 5,6	—1,4	—2,2	—3,8	—0,6	—3,6	—4,7	—5,2
12 »	— 6,2	—1,4	—2,5	—3,6	—0,6	—3,8	—4,3	—4,8
2 »	— 6,3	—2,0	—3,6	—4,5	—0,9	—3,8	—4,8	—5,2
4 »	— 7,8	—2,7	—4,8	—5,6	—1,6	—4,7	—5,8	—6,2
6 »	— 8,8	—3,5	—5,9	—6,6	—2,5	—5,6	—6,8	—7,2
8 »	—10,2	—4,8	—7,1	—7,8	—4,0	—6,6	—7,9	—8,4
10 »	—11,4	—6,2	—8,1	—8,7	—5,8	—7,6	—9,0	—9,5
Mittel	— 7,13	—2,37	—3,77	—4,76	—1,45	—4,15	—5,42	—5,94
Schwankungen	6,5	5,4	6,3	6,4	5,6	6,0	5,7	5,5

Witterung:

Bis Mg. abw. bew. u. mst. W. Fr. nb. u. st. W. Vorm. kl. u. mst. W. Ab. bis 10 U. kl. u. st. W. Von da ab kl. u. schw. W.

Versuch II.

15. März 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand Korngröße 0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm
12 Uhr	—8,6	—0,8	—2,5	—2,7	—0,2	—1,6	—2,3	—2,7
2 »	—8,4	—1,5	—2,7	—3,0	—0,2	—2,0	—3,0	—3,9
4 »	—6,8	—1,7	—3,0	—3,2	—0,2	—2,3	—3,5	—4,5
6 »	—6,4	—1,6	—2,8	—2,9	—0,2	—2,3	—3,7	—4,8
8 »	—3,3	—1,2	—2,1	—2,3	—0,2	—2,0	—3,5	—4,6
10 »	1,4	—0,4	—0,6	—0,5	—0,2	—0,7	—1,5	—2,6
12 »	2,2	—0,2	—0,3	0,0	—0,2	0,0	0,1	—0,3
2 »	4,6	—0,2	1,8	2,2	—0,2	0,6	1,1	0,0
4 »	4,2	—0,0	2,1	2,8	—0,2	1,2	1,8	0,9
6 »	0,7	—0,2	0,2	0,4	—0,2	0,0	0,2	0,2
8 »	0,0	—0,2	—0,1	0,0	—0,2	0,0	—0,1	—0,1
10 »	0,0	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,1	—0,1
Mittel	—1,70	—0,68	—0,85	—0,72	—0,20	—0,43	—1,21	—2,04
Schwankungen	13,20	1,7	5,1	6,0	0,0	3,5	5,5	5,7

Witterung:

Kl., nur M. th. bew.

16. März 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand Korngröße 0,25-0,50 mm	0,5—1,0 mm	1—2 mm	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0—0,5 mm	1—2 mm	2,0—4,5 mm	4,50-6,75 mm
12 Uhr	0,2	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,1	—0,1
2 »	—0,9	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
4 »	—1,4	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
6 »	1,0	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,2
8 »	4,0	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,1
10 »	7,8	—0,2	—0,2	0,0	—0,2	0,0	—0,2	—0,1
12 »	10,6	1,0	3,8	4,6	—0,2	2,8	2,9	2,1
2 »	9,4	1,9	3,8	4,6	—0,2	3,1	3,8	3,3
4 »	8,8	3,2	5,2	6,0	1,2	4,4	5,0	4,7
6 »	7,6	2,5	3,6	4,3	1,9	3,4	4,0	4,4
8 »	5,2	2,1	2,3	2,8	1,8	2,2	3,1	3,6
10 »	—	2,1	2,3	2,8	1,7	2,2	2,8	3,2
Mittel	4,75	+0,97	+1,65	+2,09	+0,42	+1,51	+1,71	+1,70
Schwankungen	12,0	3,0	5,0	6,0	2,1	4,4	5,2	4,9

Witterung:

Fr. kl. Mg. bew. u. mst. W. M. u. Nachm. abw. bew. u. mst. W. Ab. th. bew. u. r. Später kl. u. r.

17. März 1879.

Zeit	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand Korngröße 0,25–0,50 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	Gelber Quarzsand Korngröße 0,0–0,5 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm
12 Uhr	4,9	2,2	2,3	2,8	1,6	2,2	2,6	2,9
2 »	4,8	2,4	2,5	3,0	1,8	2,4	2,7	2,9
4 »	4,8	2,6	2,8	3,3	2,1	2,6	2,8	3,0
6 »	4,8	2,6	2,6	3,0	2,2	2,4	2,6	2,8
8 »	6,9	3,2	3,4	3,8	2,4	3,0	3,1	3,1
10 »	7,8	4,8	5,3	5,6	3,7	4,6	4,6	4,5
12 »	9,8	5,8	6,3	6,6	4,8	5,9	5,8	5,4
2 »	10,7	8,2	9,1	9,7	6,7	8,4	8,5	7,8
4 »	10,4	9,0	9,8	10,4	7,7	9,1	9,5	9,1
6 »	7,3	8,2	8,4	8,8	7,5	8,2	8,8	8,8
8 »	5,3	6,1	6,2	6,4	6,3	6,6	6,9	6,8
10 »	3,1	4,4	4,6	4,9	4,1	4,5	4,9	5,0
Mittel	6,72	**4,96**	**5,27**	**5,69**	**4,24**	**4,99**	**5,23**	**5,19**
Schwankungen	7,6	6,8	7,5	7,6	6,1	6,9	6,9	6,2

Witterung:

Nach Mn. kl. Von 2–4½ U. Mg. th. bew., dann bew. Vorm. mst. W. u. schw. R. Nachm. ver. u. mst. W. Ab. bew. u. r.

Mittel der Beobachtungen:

Versuch I.

	Weißer Quarzsand. Korngröße. 0,25–0,50 mm	0,5–1,0 mm	1–2 mm	Gelber Quarzsand. Korngröße. 0,0–0,5 mm	1–2 mm	2,0–4,5 mm	4,50–6,75 mm
Bodentemperatur vom 5.—8. Januar	**–2,50**	**–4,75**	**–5,72**	**–1,44**	**–4,22**	**–6,38**	**–7,45.**

Versuch II.

Vom 15.—17. März	**5,25**	**6,07**	**7,06**	**4,46**	**6,07**	**5,73**	**4,85.**

Versuch III.

Datum	Lufttemperatur	Weißer Quarzsand			Gelber Quarzsand			
		Korngröße			Korngröße			
		0,25-0,50 mm	0,5-1,0 mm	1—2 mm	0,0-0,5 mm	1—2 mm	2,0-4,5 mm	4,5-6,75 mm
1.— 5. December 1878	−0,45	−0,03	−0,38	−0,30	−0,19	−0,22	−0,25	−0,21
6.—10. » »	−5,10	−2,05	−2,73	−2,73	−1,74	−2,57	−3,30	−3,68
11.—15. » »	−7,83	−7,74	−8,01	−7,45	−8,14	−7,97	−8,39	−8,25
16.—20. » »	−4,01	−5,01	−5,08	−4,68	−5,11	−4,85	−4,96	−4,98
21.—25. » »	−4,23	−4,43	−4,53	−4,15	−4,68	−4,49	−4,62	−4,71
26.—31. » »	+0,28	−2,33	−2,14	−1,92	−2,67	−2,10	−2,08	−2,02
Mittel	−3,55	**−3,59**	**−3,81**	**−3,54**	**−3,75**	**−3,70**	**−3,93**	**−3,97**
1.— 5. Januar 1879	+3,85	+2,76	+3,34	+3,35	+2,31	+2,76	+2,91	+3,22
6.—10. » »	−7,06	−3,81	−4,48	−4,56	−3,43	−4,26	−4,86	−5,40
11.—15. » »	−1,35	−2,98	−2,96	−2,70	−2,61	−2,73	−2,78	−2,63
16.—20. » »	−2,85	−2,48	−2,41	−2,25	−2,74	−2,40	−2,65	−2,70
21.—25. » »	−3,00	−3,92	−4,10	−3,61	−4,10	−3,93	−4,13	−4,04
26.—31. » »	−1,42	−1,60	−1,62	−1,37	−1,70	−1,62	−1,75	−1,77
Mittel	−1,97	**−1,67**	**−2,04**	**−1,86**	**−2,04**	**−2,03**	**−2,21**	**−2,22**
1.— 5. Februar 1879	+1,30	−0,48	−0,17	+0,32	−0,81	−0,42	−0,17	+0,08
6.—10. » »	+6,03	+4,60	+4,82	+5,05	+2,90	+3,75	+4,18	+4,42
11.—15. » »	+2,42	+2,55	+2,42	+2,60	+2,45	+2,47	+2,46	+2,40
16.—20. » «	+1,66	+1,20	+1,07	+1,34	+0,89	+1,10	+1,06	+1,02
21.—25. » »	−1,02	+0,16	+0,08	+0,23	−0,08	+0,05	−0,10	−0,31
26.—28. » »	−2,90	−0,20	−0,65	−0,75	−0,10	−1,00	−1,47	−1,73
Mittel	+1,25	**+1,30**	**+1,26**	**+1,46**	**+0,87**	**+0,99**	**+0,99**	**+1,02**
1.— 5. März 1879	0,00	−0,20	−0,41	−0,23	−0,20	−0,10	−0,36	−0,40
6.—10. » »	+2,63	+2,43	+2,68	+3,31	+1,36	+2,36	+2,43	+2,32
11.—15. » »	+0,93	+2,16	+1,93	+2,14	+2,14	+2,04	+1,94	+1,84
16.—20. » »	+5,55	+5,06	+5,27	+5,74	+4,62	+5,38	+5,69	+5,62
21.—25. » »	+0,58	+2,63	+2,65	+2,84	+2,64	+3,01	+3,15	+2,92
Mittel	+1,94	**+2,41**	**+2,42**	**+2,76**	**+2,11**	**+2,54**	**+2,57**	**+2,46**

Diese Versuche lehren,

1) daß der Boden im Winter im Durchschnitt um so kälter ist,
2) bei eintretendem Frostwetter um so schneller sich abkühlt und

3) nach dem Aufthauen sich wiederum um so höher erwärmt, je grobkörniger er ist.

Ueber die Ursachen hiervon mögen folgende Bemerkungen Platz finden.

Daß die Temperatur des feinkörnigen Bodens nicht in dem Grade dem Sinken der Lufttemperatur folgen kann wie der grobkörnige[1]), liegt wohl darin begründet, daß die in dem ersteren bei dem Gefrieren des Wassers frei werdende Wärmemenge wegen höheren Wassergehaltes größer ist, als in letzterem. Dazu kommt jedenfalls, daß die kalte Luft in dem Maße leichter in den Boden eindringen und die in diesem enthaltene wärmere Luft verdrängen kann, je größer der Korndurchmesser ist. Ist das Wasser zu Eis erstarrt, so gleichen sich nicht selten die Temperaturunterschiede aus oder der feinkörnige Boden ist unter Umständen kälter als der grobkörnige, weil nun die bessere Leitungsfähigkeit des ersteren zur Geltung kommt[2]).

Die ganz entgegengesetzten Verhältnisse treten ein, wenn nach länger anhaltendem Frostwetter die Temperatur über den Gefrierpunkt steigt. In diesem Falle erwärmt sich der Boden um so langsamer, je feinkörniger er ist[3]), weil in dem gleichen Grade die zum Schmelzen des Eises nothwendige Wärmemenge, ebenso die Verdunstung zunimmt.

Aus allen mitgetheilten Beobachtungen und Erwägungen lassen sich bezüglich der Temperaturverhältnisse des Bodens von verschiedener Struktur folgende Schlüsse ableiten:

1) Während der wärmeren Jahreszeit ist der Boden bis zu einer bestimmten Grenze um so wärmer, je grobkörniger er ist. Bei weiterer Vergrößerung des Korndurchmessers nimmt die Temperatur des Bodens stetig ab.

2) Die Ursachen dieser Erscheinung beruhen theils darauf, daß mit der Feinheit der Bodentheilchen die Wassermengen und in demselben Maße die spezifische Wärme und der durch Verdunstung herbeigeführte Wärmeverbrauch zunehmen, theils sind sie darauf zurückzuführen, daß die Abkühlung des Bodens während der Nacht durch das Eindringen der kalten atmosphärischen Luft in diesen um so größer, die Wärmeleitungsfähigkeit um so geringer ist, je gröber die Bodentheilchen sind.

---

1) Vergl. Versuch I, 7. u. 8. Januar.
2) Vergl. Versuch III, 11.—31. December, 11.—31. Januar, 1.—5. Februar.
3) Vergl. Versuch II, 15. u. 16. März.



3) Zur Zeit des täglichen Maximums der Bodentemperatur ist der Unterschied in der ad 1) bezeichneten Weise zwischen den Böden von verschiedener Struktur in der Regel am größten, zur Zeit des täglichen Temperaturminimums am geringsten.

4) Die ad 1) charakterisirten Temperaturdifferenzen sind um so geringer, je weniger Wasser der Boden enthält und je mehr die Verdunstung abnimmt und die dem Wassergehalt entsprechende bessere Wärmeleitung zur Geltung kommt; sie sind daher während der kühleren Jahreszeit, bei mangelnder Insolation, niedriger Luftwärme, ruhiger Luft, hoher Luftfeuchtigkeit und bei stärkerer Austrocknung der obersten Schichten des Bodens am kleinsten, in den entgegengesetzten Fällen am größten.

5) Die Temperaturschwankungen des Bodens von verschiedener Struktur steigen und fallen im Allgemeinen mit den Mitteltemperaturen.

6) Bei unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegenden Temperaturen ist der Boden im Allgemeinen um so kälter, je grobkörniger er ist. Die betreffenden Unterschiede sind bei Eintritt des Frostwetters am größten, nehmen, wenn alles Wasser im Boden zu Eis erstarrt ist, ab und gleichen sich unter Umständen aus oder treten in entgegengesetzter Richtung in die Erscheinung.

7) Das Aufthauen, ebenso die Erwärmung des Bodens im Frühjahr erfolgt in dem Maße schneller, als die Bodentheilchen größer sind.

Witterungs-Beobachtungen.

Auf Seite 48 und 49 dieser Zeitschrift Band V, Heft 1 und 2, befinden sich die 5tägigen Mittel der Lufttemperatur und der Niederschlagsmengen für die Jahre 1875, 1876 und 1878—1880. Die fehlenden betreffenden Daten für das Jahr 1877 sind auf Seite 193 und 161 in diesem Hefte mitgetheilt. Dasselbe gilt von den Niederschlagsmengen für die Vegetationsperiode vom Jahre 1881 (S. 163).

Die Pentadenmittel der Lufttemperatur im Jahre 1881, berechnet nach den Aufzeichnungen der k. bayer. meteorologischen Centralstation in München sind in folgender Tabelle übersichtlich zusammengestellt:

April	°C.	Mai	°C.	Juni	°C.	Juli	°C.	Aug.	°C.	Sept.	°C.
1.–5.	3,24	1.–5.	10,82	1.–5.	15,96	1.–5.	19,60	1.–5.	20,12	1.–5.	12,87
6.–10.	4,90	6.–10.	9,01	6.–10.	9,36	6.–10.	18,24	6.–10.	20,64	6.–10.	13,90
11.–15.	7,14	11.–15.	6,04	11.–15.	11,76	11.–15.	19,29	11.–15.	16,14	11.–15.	12,66
16.–20.	8,46	16.–20.	13,57	16.–20.	16,89	16.–20.	23,45	16.–20.	15,35	16.–20.	13,35
21.–25.	4,06	21.–25.	11,74	21.–25.	20,80	21.–25.	19,07	21.–25.	17,82	21.–25.	8,46
26.–30.	4,01	26.–31.	13,26	26.–30.	15,61	26.–31.	16,94	26.–31.	14,30	26.–30.	8,08



Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XV. Untersuchungen über die Temperaturerhöhung verschiedener Bodenconstituenten und Bodenarten bei Condensation von flüssigem und dampfförmigem Wasser, sowie von Gasen.

Von **Aug. Stellwaag**, geprüftem Lehramtscandidaten.

Nach allen bisher angestellten Untersuchungen kommt die Sonnenwärme als Wärmequelle für den Boden und die in ihm wurzelnden Pflanzen an erster Stelle in Betracht. Von weit geringerer Wirkung auf die Temperaturverhältnisse erweist sich die bei der Zersetzung organischer und anorganischer Substanzen entstehende Wärme, sowie die innere Erdwärme, welch letztere für die Erwärmung der äußersten Bodenschichten als ziemlich belanglos betrachtet werden kann. Auch die bei der Condensation des dampfförmigen und flüssigen Wassers sowie der in der Atmosphäre vorkommenden Gase durch den trockenen Boden stattfindende Wärmeentwickelung wird die Wärmeverhältnisse des Ackerlandes, weil nur von vorübergehendem Einfluß wenig zu alteriren vermögen; trotzdem wird aber diese Erscheinung nicht unbeachtet bleiben dürfen, wenn es sich darum handelt, von den die Erwärmung des Culturlandes beherrschenden Factoren ein möglichst vollständiges Bild zu gewinnen.

In Rücksicht auf die bedeutenden Mengen von Wasser, Wasserdampf und Gasen, welche unter Umständen von dem Boden condensirt werden[1]), wird a priori geschlossen werden können, daß die dabei sich entwickelnde Wärmemenge eine ziemlich beträchtliche sein muß. Aus der Thatsache,

[1]) *G. Ammon*, Untersuchungen über das Condensationsvermögen des Bodens für Gase. Diese Zeitschrift Bd. II. 1879. S. 1—46.



daß diese Verdichtung zum Theil eine Function der Oberfläche und daher abhängig von der Größe der Bodentheilchen ist, zum Theil auf einer chemischen Reaction beruht, und durch äußere Factoren (Temperatur, Luftdruck u. s. w.) beherrscht wird, wird es weiters sehr wahrscheinlich, daß die Wärmeentwickelung je nach der physikalichen und chemischen Beschaffenheit der Böden, sowie je nach der Einwirkung besonderer Umstände eine sehr verschiedene sein wird. Nur wenige Versuche sind geeignet, diese Verhältnisse zu beleuchten.

Die Untersuchungen, welche *Pouillet*[1]) über die Beziehungen der elektrischen Eigenschaften eines Körpers und der seiner Elemente anstellte, haben denselben auch nebenher dazu geführt, den Einfluß des Wassers hierbei zu studiren und beobachtete er, daß in dem Augenblick, in welchem eine Flüssigkeit von einem porösen festen Körper benetzt wird, eine Wärmeentwickelung stattfindet. Seine in dieser Richtung ausgeführten Versuche bezogen sich auf das Verhalten von anorganischen Körpern wie fein vertheilte Metalle, Metalloxyde, Glaspulver u. s. w. bei Absorption von Wasser, Oel, Alkohol und Aether und er konnte bei Absorption von Wasser eine Temperaturerhöhung von 0,2—0,6° C. beobachten, während bei Absorption von Wasser durch getrocknete organische Substanzen eine Temperaturerhöhung bis zu 10° C. eintrat. Die Temperatur, bei welcher er seine Versuche anstellte sind von ihm nicht angegeben. Das angewendete Material und das condensirte Wasser hatten jedoch bei seinen Untersuchungen stets übereinstimmende Temperatur. Zur Feststellung der Temperaturerhöhung benützte er feine Thermometer an welchen eine Länge von 20—30 mm des Quecksilberfadens 1° C. anzeigte.

Die von ihm gewonnenen Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

---

1) *Pouillet*, Annales de Chimie et de Physique. Bd. XX. S. 141.

Anorganische Substanzen.

Name der Substanz	Temperaturerhöhung bei Absorption von Wasser °C.	Name der Substanz	Temperaturerhöhung bei Absorption von Wasser °C.
Glaspulver	0,258	Thon	0,940
Eisenspähne	0,215	Quarz	0,350
Zink »	0,234	Aluminiumoxyd	0,204
Kupfer »	0,195	Eisenoxyd	0,286
Wismuthspähne	0,230	Manganoxyd	0,307
Antimon »	0,221	Kupferoxyd	0,221
Zinn »	0,310	Zinkoxyd	0,198
Porzellan	0,549	Quecksilberoxyd	0,241
Ziegelsteine	0,572	Chromoxyd	0,160

Organische Substanzen.

Kohle	1,16	Roggensamen gepulvert	1,62
Stärkemehl	9,76	Hafer » »	1,19
Sägespähne	2,17	Canarien » »	1,15
Wurzeln von Saxifraga	5,40	Hanf » »	1,27
» » pavava brava	5,23	Hirse » »	0,94
» » Süßholz	10,20	Rüb » »	1,10
» » Valeriana	4,26	Baumwolle	0,97
» » Iris	6,12	Garn	2,11
Schlangenwurzel	5,72	Gewöhnliches Papier	1,45
Mehl von Weizen	2,72	Getrocknetes »	4,52
» » türkisch Korn	2,32	Haare	2,06
» » Gerste	2,22	Wolle	3,17
» » Roggen	2,55	Elfenbein	3,14
» » Hafer	2,42	Fischbein	2,86
» » Lein	2,07	Schwamm	1,90
Weizensamen gepulvert	1,92	Schweinsborsten	2,40
Mais » »	1,10	Ochsensehnen	3,16
Gersten » »	1,12		

Wie man sieht, hatten manche Substanzen, namentlich solche organischen Ursprungs bei der Zufuhr von Wasser eine sehr bedeutende Temperaturerhöhung erfahren.

Später untersuchte *Jungk*[1]) das Verhalten von Sand und Schnee bei Absorption von Wasser von über + 4° C. und unter + 4° C. Zur Fest-

[1]) *Jungk*, *Poggendorff's* Annalen. Bd. CXXV. S. 292.

stellung einer Temperaturerhöhung oder Erniedrigung benutzte derselbe ein Thermoelement aus 3 Eisendrähten und 2 Aluminiumdrähten in Verbindung mit einem Galvanometer dessen Ausschlagsrichtung nach rechts oder links eine Temperaturerhöhung resp. Erniedrigung zu erkennen gab.

Die Ergebnisse seiner Untersuchung faßt er in folgenden Sätzen zusammen:

1) Wasser erniedrigt oder erhöht bei seiner Absorption durch Sand seine Temperatur, je nachdem es vorher unter oder über $+ 4^{0}$ C. warm ist.
2) Wasser von 0^{0} erniedrigt bei seiner Absorption durch Schnee seine Temperatur.
3) Die Erscheinung kann als eine Verdichtung des Wassers an der Oberfläche des festen Körpers betrachtet werden.

Endlich beobachtete *Babo*[1]) bei der Absorption von Wasserdampf eine Temperaturerhöhung der angewendeten Erdmasse; bei humusreichen Böden stieg die Temperatur des bei $34-40^{0}$ getrockneten Bodens von 20^{0} auf 31^{0} C. bei humusarmen Böden von 20^{0} auf 27^{0} C.

Da die vorliegenden Arbeiten für die im Boden bei Condensation von Wasser und Gasen eintretenden Temperaturveränderungen nicht genügenden Aufschluß geben konnten, so habe ich auf Veranlassung des Herrn Professor Dr. *Wollny* in dessen agrikulturphysikalischem Laboratorium an der technischen Hochschule zu München weitere Versuche angestellt.

Dieselben sollten von den die Temperaturerhöhung beeinflussenden Momenten ein möglichst vollständiges Bild gewinnen lassen und ich suchte daher zunächst das Verhalten der verschiedenen Bodengemengtheile und einiger Bodenarten bei Zuführung von flüssigem Wasser, $^{1}/_{10}$ procentigen Nährstofflösungen sowie bei Condensation von Wasserdampf, Kohlensäure und Ammoniakgas in trockenem und feuchtem Zustande festzustellen; weiter schien es mir von Interesse zu untersuchen, in wie weit der vorher im Boden condensirte Wasserdampf, die Temperatur des Bodens und die Größe der Bodentheilchen bei Zuführung von flüssigem Wasser und Condensation von Gasen zur Geltung gelangte.

Zu den Untersuchungen wurden folgende Bodengemengtheile resp. Bodenarten verwendet:

---

[1]) *Mulder*, Chemie der Ackerkrume. Bd. III. S. 366.

1) Quarzsand. Derselbe stammte aus der Gegend von Nürnberg, war durch einen geringen Gehalt an Eisen hellgelb gefärbt und enthielt keinen Kalk. Der Durchmesser der Quarzkörnchen betrug 0,00—0,25 mm.

2) Quarzpulver. Aus dem Quarzsande wurde durch Stoßen in einem Mörser und nachheriges Absieben der gröberen Theilchen ein feines Pulver von Staubform gewonnen.

3) Gefällter kohlensaurer Kalk, chemisch rein.

4) Kaolin aus der königlichen Porzellanfabrik in Nymphenburg bei München bezogen. Derselbe enthielt 0,5 % durch concentrirte Salzsäure ausziehbare Substanz. (Hauptsächlich Kalk und Magnesia.)

5) Eisenoxydhydrat. Dasselbe war aus einer chemischen Fabrik in München bezogen und durch Füllen eines Eisenoxydsalzes mit Ammoniak dargestellt. Es enthielt kein Ammoniak mehr und befand sich in Pulverform.

6) Humus in Form von Torf aus dem Kolbermoor bei Aibling (Oberbayern). Derselbe wurde zuerst mit verdünnter Salzsäure ausgezogen und hierauf die harzartigen Bestandtheile durch Auskochen mit Alkohol und Aether entfernt. Der Aschengehalt des in dieser Weise behandelten Torfes betrug 8,05 %. Aus dem getrockneten Torfe wurde durch Stoßen und Absieben ein Pulver gewonnen, dessen gröbste Theilchen einen Durchmesser bis 0,25 mm hatten.

7) Lehm von Berg am Laim bei München, durch einen größeren Gehalt an Eisen braun gefärbt. Derselbe war fast frei von Kalk.

8) Isarkalksand. Derselbe bestand hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk. Durch Absieben wurde ein feines Pulver gewonnen dessen Bestandtheile von Staubform bis 0,25 mm Durchmesser wechselten.

9) Versuchsfeldboden, humoser Kalksandboden, gepulvert von Staubform bis 0,25 mm Durchmesser.

10) Lehmkrümel. Aus dem feuchten Lehm wurden Krümel hergestellt und dieselben durch Siebe von verschiedener Maschenweite getrennt.

Der Durchmesser der Krümel betrug bei Nr. I 0,50—1,00 mm,
» » II 2,00—4,50 »
» » III 6,75—9,00 »

Versuchsreihe I.

Temperaturerhöhung des Bodens bei Zuführung von Wasser.

In dieser Reihe wurden die Versuche in folgender Weise angeordnet:

Der zur Aufnahme des Bodens dienende Apparat bestand aus einem 5 cm weiten cylinderförmigen Glasgefäße, dessen oberer etwas verengter Theil zur Aufnahme eines dicht schließenden doppelt durchbohrten Kautschukstopfens diente. An dem nach unten konisch sich verjüngenden Theil des Glasgefäßes, war eine Uförmig gebogene Röhre mit einer lichten Weite von 4—5 mm angeschmolzen, welche in der Höhe des in das Absorptionsgefäß einzusetzenden Stopfens rechtwinklig umgebogen war. Der Inhalt des Absorptionsgefäßes betrug 115 cbcm. Um ein Hinabfallen des Bodens in die angeschmolzene URöhre beim Einfüllen in das Absorptionsgefäß zu verhindern, wurde die Ansatzstelle mit einem kleinen Stopfen getrockneter Baumwolle geschlossen und der Boden hierauf soweit locker eingefüllt, daß die untere Fläche des aufgesetzten Stopfens die Oberfläche des Bodens fast berührte. Durch die eine nahe am Mittelpunkte angebrachte Durchbohrung des Kautschukstopfens reichte ein in $^1/_{10}{}^0$ C. getheiltes Thermometer bis in die Mitte des Absorptionsapparates. Die Länge eines Grades betrug ungefähr 1 cm, und konnten $^1/_{20}{}^0$ noch gut abgelesen werden.

Durch die andere ebenfalls nahe an der Mitte des Stopfens angebrachte Durchbohrung ging der eine Schenkel eines rechtwinklig gebogenen Rohres, welcher an der unteren Fläche des Kautschukstopfens endigte; der andere Schenkel war mittelst eines kurzen Kautschukschlauches mit einem Kölbchen verbunden, aus welchem Wasser in das Absorptionsgefäß gesaugt werden konnte. Um eine Befeuchtung des Bodens durch Wasserdampf zu verhindern, wurde der Verbindungsschlauch durch eine Schraubenklemme bis vor Ausführung des Versuches geschlossen gehalten. Mit dem nicht erweiterten rechtwinkelig umgebogenen Theil der URöhre war ein Aspirator verbunden und der Verbindungsschlauch ebenfalls durch eine Klemme geschlossen.

Der ganze Apparat wurde in ein großes Wasserbad von bestimmter Temperatur so gehängt, daß er ungefähr 1—2 cm von Wasser bedeckt war. Es konnte dies ohne Gefahr einer Benetzung des Bodens geschehen, da der Verschluß des Kautschukstopfens und der Schläuche so dicht war, daß der Boden selbst bei längerem Hängen des Apparates im Wasser z. B. über Nacht keine Spur einer Befeuchtung zeigte.

Die Temperatur des Wasserbades wurde mittelst eines Thermostaten von *Soxhlet* constant erhalten und durch fleißiges Umrühren des Wassers eine einseitige Erwärmung einzelner Wasserschichten auszuschließen gesucht. Bei jedem Versuche hatte der im Absorptionsgefäße befindliche Boden und das zugeführte Wasser stets die gleiche Temperatur.

Nachdem das im Boden befindliche Thermometer eine mit der des Wasserbades übereinstimmende Temperatur angenommen hatte, wurden die Klemmen geöffnet, vermittelst des Aspirators aus dem Kölbchen tropfenweise Wasser in den Absorptionsapparat gesaugt und die Temperaturerhöhung beobachtet.

Um zu verhüten, daß das im Kölbchen befindliche Wasser durch die zuströmende Luft des Zimmers eine Temperaturerhöhung erfahre, welche zu Fehlern Anlaß geben könnte, war das Kölbchen mit einem im Wasserbade befindlichen Reagenzglase derart verbunden, daß die Luft zuerst durch das im Reagenzglase befindliche Wasser strömen mußte und dann erst in das Kölbchen trat.

Versuch I.

Temperaturerhöhung der trockenen Bodenconstituenten bei Zuführung von Wasser.

Zu diesen Versuchen wurden die Bodenconstituenten längere Zeit bei 105° C. getrocknet, locker in das Absorptionsgefäß eingefüllt, und nochmal 3—4 Stunden in den Trockenschrank gebracht. Nachdem der gefüllte Apparat im Exsiccator erkaltet war, wurde der ganze Apparat zusammengestellt und die Versuche in obenbeschriebener Weise (bei einer Temperatur des Wassers und des Bodens von 10°) ausgeführt. Die Versuche mit Torf, welche die bedeutendste Temperaturerhöhung des Bodens erwarten ließen, konnten wegen der schwierigen Benetzbarkeit desselben nicht ausgeführt werden. Selbst bei Anwendung des mit Alkohol und Aether ausgezogenen Torfes drang das zugeführte Wasser nicht in den Boden ein, sondern sickerte an den Wänden des Absorptionsgefäßes herab. Die Resultate enthält folgende Tabelle:

Bodenconstituent	Temperaturerhöhung des Bodens bei 10°		
	Versuch		Mittel
	I	II	
	° C.	° C.	° C.
Quarzsand 0,00—0,25	0,10	0,10	**0,10**
Quarzpulver	0,25	0,22	**0,23**
Gefällter kohlensaurer Kalk	0,30	0,25	**0,28**
Kaolin	0,80	0,85	**0,83**
Eisenoxydhydrat	6,70	6,50	**6,60**

Versuch II.

Einfluß der Temperatur und des Wassergehaltes des Bodens auf dessen Temperaturerhöhung bei Zuführung von Wasser.

Bei den Versuchen dieser Reihe wurde Isarkalksand, humoser Kalksandboden (Versuchsfeldboden) und Lehm wasserfrei, lufttrocken und mit Wasserdampf gesättigt, angewendet. Zu letzterem Zwecke wurden die Bodenarten längere Zeit in einem bedeckten Blechcylinder auf dessen Boden sich etwas Wasser befand, in einer Schaale stehen gelassen und von Zeit zu Zeit gut gemischt. Die Versuche wurden bei 10, 20 und 30° ausgeführt. Der Boden und das zugeführte Wasser hatten auch in diesen Versuchen die gleiche Temperatur.

Isarkalksand 0,00 — 0,25 mm Durchmesser.

Beschaffenheit des Bodens	Wassergehalt des Bodens %	Temperaturerhöhung des Bodens bei								
		+ 10°			+ 20°			+ 30°		
		Versuch		Mittel	Versuch		Mittel	Versuch		Mittel
		I	II		I	II		I	II	
Wasserfrei	—	1,0	1,0	**1,0**	0,75	0,90	**0,83**	0,95	0,95	**0,95**
Lufttrocken . . .	0,33	0,30	0,20	**0,25**	0,15	0,15	**0,15**	0,10	0,12	**0,11**
Feucht	1,12	0,15	0,10	**0,12**	0,05	0,10	**0,06**	0,00	0,00	**0,00**

Humoser Kalksandboden 0,00 — 0,25 mm Durchmesser.

(Versuchsfeldboden.)

Wasserfrei . . .	—	8,45	8,20	**8,33**	6,10	6,30	**6,20**	6,40	5,10	**5,8**
Lufttrocken . . .	4.79	1,10	1,05	**1,08**	0,80	0,80	**0,80**	0,70	0,75	**0,73**
Feucht	5,57	0,75	0,60	**0,68**	0,50	0,40	**0,45**	0,55	0,55	**0,55**

Lehm, pulverförmig, 0,00—0,25 mm Durchmesser.

Beschaffenheit des Bodens	Wassergehalt des Bodens %	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 10°			+ 20°			+ 30°		
		Versuch I	Versuch II	Mittel	Versuch I	Versuch II	Mittel	Versuch I	Versuch II	Mittel
Wasserfrei . . .	—	5,30	5,70	**5,50**	4,75	3,65	**4,20**	5,25	5,90	**5,57**
Lufttrocken . . .	5,63	1,15	0,90	**1,02**	0,40	0,45	**0,43**	0,20	0,35	**0,27**
Feucht	7,10	0,70	0,60	**0,65**	0,30	0,35	**0,32**	0,10	0,15	**0,13**

Versuch III.

Einfluß des Feinheitsgrades des Bodens auf dessen Temperaturerhöhung bei Zuführung von Wasser.

Die Versuche wurden bei 10° ausgeführt und wasserfreie Lehmkrümel von verschiedenem Durchmesser verwendet.

Beschaffenheit des Bodens	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 10° Versuch I	II	III	IV	Mittel
Lehm, pulverförmig	4,00	5,30	5,70	5,25	**5,06**
Lehmkrümel Nr. I 0,50—1,00 mm Durchmesser	7,70	7,58	6,70	6,50	**7,04**
» » II 2,50—4,00 » »	5,22	5,30	6,50	6,00	**5,76**
» » III 6,75—9,00 » »	4,25	4,55	4,18	4,30	**4,32**

Versuch IV.

Temperaturerhöhung des Bodens bei Zufuhr von Nährstofflösungen.

Um festzustellen, ob bei Zufuhr von destillirtem Wasser und Nährstofflösungen sich Unterschiede in der Temperaturerhöhung des Bodens constatiren lassen, wurde trockener Versuchsfeldboden von Staubform bis zu einer Korngröße von 0,25 mm Durchmesser angewendet und die Versuche bei übereinstimmender Temperatur des Bodens und der Lösung bei + 10° ausgeführt. Die angewandten Lösungen hatten eine Concentration von $^1/_{10}$ % und enthielten Salze, welche von dem Boden absorbirt werden und Salze, für welche derselbe kein Absorptionsvermögen besitzt.

Art der zugeführten Lösung	Beschaffenheit des Bodens	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 10°		
		Versuch		Mittel
		I	II	
Destillirtes Wasser . . .	Versuchsboden trocken. 0,00—0,25 mm Durchmesser	10,30	10,40	**10,35**
Neutrales phosphors. Kali PO_4HK_2	» » »	9,50	9,30	**9,40**
Schwefelsaures Kali . . .	» » »	9,70	9,65	**9,67**
Chlornatrium	» » »	9,10	8,80	**8,95**
Salpetersaures Natron . .	» » »	9,60	9,70	**9,65**

Die mitgetheilten Zahlen lassen deutlich erkennen,

1) daß die Temperaturerhöhung, welche der Boden bei Zuführung von Wasser erfährt, im Allgemeinen um so größer ist, je trockener der Boden vorher war, je feinkörniger die denselben zusammensetzenden Bodentheilchen sind und je niedriger die äußere Temperatur ist.

2) daß die Temperaturerhöhung des Bodens bei Zuführung von Wasser im vollständig trockenen Zustande sehr bedeutend ist (bei humosem Kalksand: 8,33° C., bei Eisenoxydhydrat: 6,60° C., bei Lehm 5,57° C.).

3) daß die bei Zuführung von Nährstofflösungen eintretende Steigerung der Temperatur des Bodens etwas geringer, als bei Benetzung mit destillirtem Wasser ist.

Es ergiebt sich sonach aus vorstehenden Versuchen, daß bei der Benetzung des Bodens mit Wasser auf der Oberfläche der Bodentheilchen eine Verdichtung desselben stattfindet, bei welcher Wärme frei wird, die unter Umständen zu einer bedeutenden Steigerung der Bodentemperatur führen kann. Mit der mit dem Wasser in Berührung kommenden Oberfläche wird die Condensation und die hierbei gebildete Wärmemenge zunehmen, so daß unter sonst gleichen Verhältnissen die Temperaturerhöhung mit der Feinheit der Bodenpartikel wächst. Allerdings zeigen die mitgetheilten Zahlen von diesem Gesetz mannigfache Ausnahmen. So zeigten z. B.: die außerordentlich feinkörnigen Materialien in Versuch I, nämlich der kohlensaure Kalk und der Kaolin, eine viel geringere Temperaturzunahme als die weniger feinkörnigen Bodenarten in Versuch II und IV;

dasselbe gilt von dem pulverförmigen Lehm gegenüber den Lehmkrümeln in Versuch III. Diese Anomalien erkläre ich mir dadurch, daß die bezeichneten, äußerst feinkörnigen Böden und Bodenconstituenten für Wasser sehr schwer durchdringbar sind, namentlich im vollständig trockenen Zustande, daß sich ferner bei der Zufuhr von Wasser auf der Bodenprobe eine mit Wasser gesättigte, schwer durchlässige Schicht bildet, welche dem weiteren Vordringen des Wassers hindernd in den Weg tritt, während bei den weniger feinkörnigen Bodenconstituenten, wie z. B. bei dem Eisenoxydhydrat, dem Lehm u. s. w. der Boden sofort sich mit Wasser sättigt und die Temperaturerhöhung dieser Substanzen sich deshalb sofort bemerkbar macht. Aus vorstehenden Gründen liefern die bei den bezeichneten feinkörnigen Substanzen gewonnenen Zahlen kein vollständiges Bild von ihrem Verhalten bei Zufuhr von Wasser in der in Rede stehenden Richtung. Eine Beseitigung der geschilderten Hindernisse erwies sich, trotz mehrfacher Bemühungen, als unausführbar und so mußte ich Verzicht leisten, bei jenen Böden obiges Gesetz nachzuweisen.

Die Thatsache, daß im Allgemeinen die bei der Condensation des Wassers eintretende Temperatursteigerung des Bodens um so geringer war, je höher die äußere Temperatur, bietet nichts Auffallendes, da nach bekannten physikalischen Gesetzen die Verdichtung der Flüssigkeiten im umgekehrten Verhältniß zur Temperatur steht.

Bei humosen Böden ist die Imbibition der organischen Substanzen mit Wasser unstreitig mitbetheiligt bei der Temperaturerhöhung derselben. Die bei gleichem Feinheitsgrade des Materials bei reinem Kalksand (Isarkalksand) und humosem Kalksand (Versuch II) erhaltenen Resultate bestätigen die Richtigkeit dieser Annahme.

Nicht unwahrscheinlich dürfte es ferner sein, daß auch die durch chemische Bindung des Wassers entstehende Wärmemenge bei der Temperatursteigerung mitbetheiligt war. Die bedeutende Wärmeentwickelung in dem stark getrockneten Eisenoxydhydrat mag zum Theil hierauf beruhen.

Versuchsreihe II.

Temperaturerhöhung des Bodens bei Condensation von Wasserdampf.

Der bei den Versuchen über die Temperaturerhöhung bei Absorption von Wasserdampf (Kohlensäure und Ammoniak[1])) dienende Apparat

[1]) Siehe Versuchsreihe III.



bestand aus einem 12 cm langen Cylinder aus Weißblech, dessen innerer Durchmesser 2 cm betrug. An dem oberen Rande waren 3 Oesen zum Auf- und Abwärtsschieben von 3 Stahldrähten angebracht. An dem unteren Rande dieses Blechcylinders war ein 4 cm langer und 2 cm weiter Cylinder aus feinem Drahtnetz angelöthet, dessen untere Oeffnung gleichfalls durch ein Drahtnetz geschlossen war. Dieser Drahtnetzcylinder diente zur Aufnahme des Bodens und des Thermometers, welches mit seinem Gefäße bis über die Mitte in den Cylinder reichte. Die obere Oeffnung des Blechcylinders wurde durch einen durchbohrten Kork geschlossen, durch welchen das Thermometer luftdicht hindurchging. Ueber diesen Drahtnetzcylinder und zu $^{1}/_{3}$ über den Blechcylinder konnte ein zweiter Cylinder so geschoben werden, daß der im Drahtnetzcylinder befindliche Boden von der Umgebung völlig abgeschlossen war. Um jedes Eindringen von Wasserdampf oder Gas in den ersten Cylinder zu verhindern, wurde die Vereinigungsstelle der übereinander geschobenen Cylinder bei jedem Versuche mit etwas Glaserkitt verkittet. An dem übergeschobenen Blechcylinder waren 3 Stahldrähte befestigt, welche durch die obengenannten Oesen des Absorptionscylinders reichten und ein Herunterlassen des den Boden abschließenden Cylinders gestatteten. Der mit dem Boden gefüllte Cylinder wurde nun in einen zweiten weiteren Cylinder bis an seinen oberen etwas breiteren Rande gehängt, so daß die Oeffnung des weiteren Cylinders dadurch verschlossen war. Auf dem Boden dieses weiteren Cylinders befand sich bei den Versuchen mit Wasserdampf feuchte Baumwolle, während die Wand des Cylinders mit feuchtem Filtrirpapier ausgekleidet war. Dieser ganze Apparat wurde in einem Wasserbad von bestimmter Temperatur so befestigt, daß der obere Rand des weiteren Cylinders etwas über die Oberfläche des Wassers hervorragte.

Sobald das im Absorptionscylinder befindliche Thermometer mit dem im Wasserbade befindlichen eine übereinstimmende Temperatur angenommen hatte, wurde vermittelst der drei Drähte der übergeschobene Cylinder herabgelassen, so daß der Wasserdampf mit dem Boden vollkommen in Berührung kommen konnte.

Nachstehende Tabellen enthalten die bei diesen Versuchen gewonnenen Resultate.

Versuch I.

Temperaturerhöhung verschiedener Bodenconstituenten bei Condensation von Wasserdampf von + 30°.

Wie bei den Versuchen bei Absorption von Wasser wurden die Bodenconstituenten zuerst längere Zeit getrocknet, in den Apparat eingefüllt, wieder einige Stunden getrocknet und nach dem Erkalten unter dem Exsiccator der Apparat rasch zusammengestellt.

Bodenconstituent	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 30° — Versuch I	Versuch II	Mittel
Quarzsand 0,00—0,25	0,80	0,95	**0,88**
Quarzpulver	1,05	1,10	**1,08**
Gefällter kohlensaurer Kalk	1,45	1,50	**1,47**
Kaolin	2,70	2,55	**2,63**
Eisenoxydhydrat	9,80	8,80	**9,30**
Torf	11,60	12,99	**12,25**

Versuch II.

Temperaturerhöhung einiger Bodenarten in wasserfreiem und lufttrockenem Zustande bei Condensation von Wasserdampf von 10°, 20° und 30°.

Beschaffenheit des Bodens	Wassergehalt des Bodens %	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 10° Versuch I	Versuch II	Mittel	Absorbirte Menge Wasserdampf %	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 20° Versuch I	Versuch II	Mittel	Absorbirte Menge Wasserdampf %	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 30° Versuch I	Versuch II	Mittel	Absorbirte Menge Wasserdampf %
1. Isarkalksand.													
Wasserfrei	—	0,60	0,65	**0,62**	0,15	1,75	1,75	**1,75**	0,16	2,30	2,35	**2,32**	0,19
Lufttrocken	0,37	0,45	0,30	**0,37**	0,08	1,15	1,10	**1,12**	0,11	0,95	1,10	**1,01**	0,13
2. Humoser Kalksandboden (Versuchsfeldboden.)													
Wasserfrei	—	3,30	3,00	**3,15**	0,89	5,00	5,10	**5,05**	1,25	7,60	6,75	**7,17**	1,50
Lufttrocken	4,34	1,10	0,90	**1,00**	0,11	1,68	1,75	**1,71**	0,13	2,00	2,20	**2,10**	0,60
3. Torf.													
Wasserfrei	—	5,00	5,55	**5,25**	2,37	7,70	8,80	**8,25**	2,55	11,60	12,99	**12,25**	2,81
Lufttrocken	5,94	0,60	0,75	**0,68**	0,18	1,80	2,10	**1,95**	0,50	3,50	3,50	**3,50**	0,90
4. Lehm, pulverförmig.													
Wasserfrei	—	2,50	2,40	**2,45**	0,63	5,10	4,70	**4,90**	0,97	8,10	7,80	**7,90**	1,01
Lufttrocken	3,38	0,80	0,85	**0,82**	0,27	1,25	1,20	**1,22**	0,31	2,25	2,50	**2,37**	0,37

Versuch III.

Temperaturerhöhung des Bodens von verschiedenem Feinheitsgrad bei Condensation von Wasserdampf.

Die Versuche wurden bei 30° mit wasserfreien Lehmkrümeln ausgeführt.

Beschaffenheit des Bodens	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 30°		
	Versuch		Mittel
	I	II	
Lehm, pulverförmig	8,10	7,80	**7,90**
» Nr. I	8,50	8,50	**8,50**
» » II	8,10	8,00	**8,05**
» » III	7,20	7,30	**7,25**

Aus diesen Zahlen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ableiten:

1) Die Temperaturerhöhung des Bodens bei Condensation von Wasserdampf ist bei dem Humus (12,25°) und Eisenoxydhydrat (9,30°) ungleich größer als bei allen übrigen Bodenconstituenten, sie ist am geringsten bei dem Quarzsand (0,88).

2) Je höher die Temperatur der mit Wasserdampf gesättigten Luft ist, je feiner und je trockener die Bodentheilchen sind, um so höher erwärmt sich der Boden bei Condensation von Wasserdampf.

Die mit der Verdichtung des Wasserdampfes verbundene Wärmeentwicklung nimmt demnach mit der Menge des condensirten Wasserdampfes zu und ab. Alle Momente, von welchen die letztere beherrscht wird, sind also bestimmend für die mit der Condensation des Wasserdampfes verbundene Temperaturerhöhung des Bodens. Bereits in den Untersuchungen von *G. Ammon*[1]) hatte es sich gezeigt, daß Torf und Eisenoxyd in ihrem Absorptionsvermögen für Wasserdampf alle übrigen Bodenconstituenten übertreffen, der Torf, weil die Porosität desselben eine außerordentlich große ist, das Eisenoxyd, weil es getrocknet wahrscheinlich eine Verbindung mit dem Wasser eingeht. Im scheinbaren Widerspruch zu den von *G. Ammon* erhaltenen Resultaten steht die Be-

[1]) a. a. O.

obachtung, daß mit steigender Temperatur die condensirte Wassermenge zunimmt. Es bleibt aber zu berücksichtigen, daß *G. Ammon* in seinen Versuchen die über die Böden fortgeleitete Luft nicht entsprechend ihrer Temperatur mit Wasser sättigte, sondern sie vor dem Eintritt in den Apparat bei gewöhnlicher Zimmertemperatur anfeuchtete und erst dann auf eine verschiedene Temperatur brachte. In meinen Versuchen dagegen war die den Boden umgebende Luft mit Wasser vollständig gesättigt; sie enthielt deswegen um so größere Feuchtigkeitsmengen, je wärmer sie war und der Boden konnte um so mehr Wasserdampf aufnehmen, je höher die Temperatur war.

Versuchsreihe III.

Temperaturerhöhung des Bodens bei Condensation von Gasen.

Versuch I.

Temperaturerhöhung der Bodenconstituenten im trockenen Zustande bei Condensation von trockener Kohlensäure.

Zur Ausführung dieser Versuche diente derselbe Apparat, welcher bei Condensation von Wasserdampf angewendet wurde. Die durch concentrirte Schwefelsäure getrocknete Kohlensäure wurde durch ein Rohr bis auf den Boden des weiteren im Wasserbade befindlichen Blechcylinders geleitet, so daß durch die Schwere der Kohlensäure die in dem Cylinder befindliche Luft allmählich verdrängt wurde. Die Versuche wurden dann ausgeführt, wenn ein in die Oeffnung des weiteren Cylinders gehaltener brennender Holzspahn sofort zu verlöschen begann.

Folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuche.

Bodenconstituent	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 12°		
	Versuch		Mittel
	I	II	
Quarzpulver	0,05	0,00	**0,02**
Gefällter kohlensaurer Kalk	0,00	0,00	**0,00**
Kaolin	0,05	0,00	**0,02**
Eisenoxydhydrat	6,90	6,00	**6,45**
Torf	1,20	1,30	**1,25**

Versuch II.

Temperaturerhöhung der Bodenconstituenten im trockenen Zustande bei Condensation von feuchter Kohlensäure.

Analog den Versuchen bei Condensation von Wasserdampf befand sich am Boden des mit feuchtem Filtrirpapier ausgekleideten Blechcylin-

ders mit Wasser benetzte Baumwolle und die zuerst durch Wasser gegangene Kohlensäure wurde bis auf den Boden des Cylinders geführt.

Resultate:

Bodenconstituent	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 12°		
	Versuch		Mittel
	I	II	
Quarzpulver	0,30	0,35	**0,32**
Gefällter kohlensaurer Kalk	0,40	0,45	**0,42**
Kaolin	0,70	0,50	**0,60**
Eisenoxydhydrat	7,50	7,00	**7,25**
Torf	11,90	11,70	**11,80**

Versuch III.

Temperaturerhöhung der Bodenconstituenten im trockenen Zustande bei Condensation von trockenem Ammoniak.

Das Ammoniakgas wurde aus einer eisernen Retorte aus 1 Theil Salmiak und 2 Theilen Kalkhydrat entwickelt, zur Befreiung von Wasser und Kohlensäure zunächst durch eine mit Aetzkalk gefüllte Röhre und dann durch ein mit Kalistückchen gefülltes Röhrchen geleitet. Die Zuleitung des Ammoniakgases in das Blechgefäß geschah in der gleichen Weise wie bei Versuch Nr. I und II.

Bodenconstituent	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 12°		
	Versuch		Mittel
	I	II	
Quarzpulver	0,70	0,90	**0,80**
Gefällter kohlensaurer Kalk	0,80	0,80	**0,80**
Kaolin	2,00	2,10	**2,05**
Eisenoxydhydrat	18,10	18,00	**18,05**
Torf	27,80	28,70	**28,30**

Versuch IV.

Temperaturerhöhung der Bodenconstituenten im trockenen Zustande bei Condensation von feuchtem Ammoniakgas.

Die in gleicher Weise wie bei Condensation von feuchter Kohlensäure ausgeführten Versuche ergaben folgende Resultate:

Bodenconstituent	Temperaturerhöhung des Bodens bei + 12°		
	Versuch		Mittel
	I	II	
Quarzpulver	0,45	0,55	**0,50**
Gefällter kohlensaurer Kalk	0,40	0,40	**0,40**
Kaolin	1,40	1,70	**1,55**
Eisenoxydhydrat	13,50	14,70	**14,10**
Torf	24,00	23,60	**23,80**

Diese Zahlen lassen erkennen,

1) daß die mit der Condensation von trockener Kohlensäure verbundene Temperaturerhöhung der Bodenconstituenten mit Ausnahme derjenigen des Eisenoxydhydrates (6,90°) ziemlich unbedeutend, im feuchten Zustande des Gases dagegen beträchtlich größer ist;
2) daß die Temperaturerhöhung, welche der Boden bei Verdichtung von trockenem Ammoniakgas erfährt, bei dem Humus (28,30°) und Eisenoxydhydrat (18,05°) sehr bedeutend, bei den übrigen Bodenconstituenten, sowie im feuchten Zustande des Gases geringer ist.

Die Ursachen der sub 1 geschilderten Erscheinungen beruhen auf dem relativ geringen Absorptionsvermögen der Bodenconstituenten für trockene Kohlensäure. In den Untersuchungen von *G. Ammon* hatte selbst der Torf nur wenig von diesem Gase absorbirt, unter allen Materialien das Eisenoxyd am meisten. Aus diesen Gründen konnte, mit Ausnahme des letzteren, die Steigerung der Temperatur der Bodenconstituenten keine große sein. Das bedeutende Absorptionsvermögen des Eisenoxydhydrates für Kohlensäure kann in Rücksicht darauf, daß sich dasselbe durch die Größe seiner Theilchen von dem gefällten kohlensauren Kalk und dem Kaolin in Nichts unterschied, nicht auf einen physikalischen Vorgang allein zurückgeführt werden, dasselbe wird vielmehr auf einer chemischen Bindung der Kohlensäure beruhen, wenngleich solche Salze des Eisens bisher nicht beobachtet wurden. Für die vergleichsweise stärkere Erwärmung der Bodenconstituenten bei Zufuhr von feuchter Kohlensäure spricht der Umstand, daß in diesem Falle die mit der Condensation des Wasserdampfes verknüpfte Wärmeentwickelung von durchgreifender Wirkung sich erwiesen hat.

Die außerordentliche Temperaturerhöhung des Eisenoxydhydrates und des Torfes bei Condensation von Ammoniakgas gegenüber den übrigen Versuchsmaterialien ist dem, bereits von *G. Ammon* nachgewiesenen, sehr bedeutendem Absorptionsvermögen dieser Substanzen für Ammoniak zuzuschreiben, welch' letzteres, da die Feinheit der Partikel bei den verschiedenen Substanzen nur unwesentliche Unterschiede aufwies, hauptsächlich auf einer chemischen Reaction beruht. Daß bei der Anwendung feuchten Ammoniakgases die Temperatursteigerung niedriger ausfiel, ist

wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß bei gleichzeitiger Verdichtung von Wasserdampf die Ammoniakabsorption herabgedrückt wird und die mit ersterer verbundene Wärmeentwickelung, wie die mitgetheilten Zahlen zeigen, ungleich geringer ist, als die mit letzterer Hand in Hand gehende. Bei der Absorption der Kohlensäure, wo das feuchte Gas eine höhere Temperatur in dem Versuchsmaterial hervorgerufen hatte als das trockene, liegen die Verhältnisse ganz anders, insofern hier die Absorption des Bodens für das trockene Gas sehr gering ist, bei Zufuhr von Wasserdampf aber die Condensation des letzteren für die Temperaturverhältnisse des Versuchsmateriales fast allein entscheidend ist.

Ueberblickt man sämmtliche mitgetheilten Resultate vorstehender Untersuchungen, so ergiebt sich, daß die mit der Verdichtung von Wasser im flüssigen und dampfförmigen Zustande oder von Gasen verbundene Wärmeentwickelung nur in vollständig trockenem Zustande der Böden, hauptsächlich nur der humus- und eisenreichen, für deren Temperaturverhältnisse belangreich ist. Die betreffende Wirkung kann aber nur eine vorübergehende sein, sie macht sich nur geltend, während der Absorption; ist diese erfolgt, so setzt sich der Boden in seiner Temperatur sehr bald mit der der Umgebung in's Gleichgewicht. Aus diesen Gründen wird die hier in Rede stehende Wärmequelle unter natürlichen Verhältnissen die Temperatur des Bodens nur wenig zu alteriren vermögen.

Abgesehen hiervon haben die Versuche das Resultat ergeben, daß die Wärmeentwickelung der Bodenconstituenten bei der Absorption von Gasen und Dämpfen sowohl von der Natur ersterer, wie von derjenigen letzterer wesentlich abhängig ist. Sie ist um so größer unter sonst gleichen Umständen, je größer die Mengen der condensirten Körper sind. Da Eisenoxyd und Humus von allen Bodenconstituenten das weitaus größte Absorptionsvermögen besitzen, so werden grade diese Substanzen am meisten geeignet sein, die Temperaturverhältnisse der Böden in fraglicher Richtung zu beeinflussen.



Eine Modifikation des Schöne'schen Schlämmapparats.

Von Professor Dr. **Adolf Mayer** in Wageningen.

Unter den verschiedenen Schlämmapparaten, welche zum Dienste der physikalischen Bodenanalyse construirt worden sind, hat der *Schöne*'sche am meisten Lebensfähigkeit bewiesen[1]). Hieran ist wohl die Ursache, daß derselbe mit einer großen Einfachheit der Construction und Handhabung die Fähigkeit verbindet, die Geschwindigkeit des Wasserstroms im Augenblicke der Anwendung selber zu messen und zu corrigiren; während ältere Apparate entweder in einer dieser beiden Richtungen Unvortheilhaftes darboten oder gar wie alle cylindrischen Schlämmapparate sich einfach gegen das Princip des Schlämmens, regelmäßige Abstufung der Stromgeschwindigkeiten, versündigten. In der That sind mit dem *Schöne*'schen Apparate auf dem Gebiete der Bodenkunde Arbeiten ausgeführt worden, denen auch die streng wissenschaftliche Geologie ihre Anerkennung nicht versagen wird.

Ich möchte nun diesen *Schöne*'schen Apparat, der sich eine gewisse Anerkennung errungen hat, nicht wieder durch einen neuen verdrängen, schon einfach aus dem Grunde, weil uns auch hinsichtlich des Bestimmens von Bodeneigenschaften einheitlich Maß und Gewicht Noth thut. Im Gegentheile, ich möchte nur einige Modifikationen vorschlagen, welche dem bevorzugten Apparate erst recht ein allgemeines Bürgerrecht verschaffen sollen.

---

[1]) *Alex. Müller* wird diese Ausdrucksweise nicht übel nehmen; denn der von ihm construirte Apparat hat sich durch seine unnöthigen Complicationen ganz unmöglich gemacht. Ich leugne nicht, daß er zu seiner Zeit der beste gewesen ist. Nun ist er aber auch hinsichtlich des Grundgedankens überholt. Den nach ganz neuen Principien construirten Apparat *Hilgard's* (vergl. diese Zeitschrift Bd. II. S. 57) hatte ich noch nicht Gelegenheit zu prüfen. Neu an ihm ist wesentlich die Rührvorrichtung, die aber durch die Wasserströmung selber in ihrem Effekt müßte ersetzt werden können.



Die vorgeschlagenen Verbesserungen betreffen

1) den Piezometer,

2) das schwanenhalsförmige Einströmungsrohr,

3) das Anbringen einer Volumablesung.

ad 1) Das Piezometerrohr ist in seiner z-förmigen Gestalt eine curiose Maschine, die man indessen mit einer Art von heiliger Scheu zu betrachten sich gewöhnt hat, als ob gerade in dieser Gestalt eine besondere Weisheit verborgen liege. Gewiß, Ausflußöffnung ist nöthig, und getheilte Steigeröhre desgleichen, aber warum beide aneinander kitten? — Vielleicht um dem Glasbläser ein Verdienst zu sichern, da ein gewöhnlicher glasblasender Chemiker das Ding nicht zu Wege bringt, zumal da es sich um eine bestimmte Lochweite handelt? Man mache doch einmal den Versuch, zu dem ich freilich auch — ich bekenne es offen — erst gekommen, als die Noth in Gestalt eines zerbrochenen Piezometers diesen Fingerzeig gegeben, und setze einen Piezometer neben eine gewöhnliche getheilte senkrechte Glasröhre von ähnlicher Weite in ein gemeinschaftliches Glasgefäß ein und erzeuge in demselben Wasserdruck. In beiden Steigröhren wird während des Ausfließens bei willkürlichen Veränderungen des Drucks der gleiche Wasserstand herrschen — natürlich, denn die Gefäße communiciren und handelt es sich auch nicht um einen einfachen hydrostatischen Versuch, so sind doch die hydrodynamischen Momente, da das kurze Stück zwischenliegende Glasröhre keine beträchtliche Reibung ausüben kann, fast einander gleich.

Also in der von mir vorgeschlagenen Modifikation ist der Piezometer ersetzt durch eine einfache Glasröhre von 3 bis 4 mm lichter Weite, die mit einer Theilung in Centimeter versehen ist, daneben ist in dieselbe Tubulatur eingesetzt eine gewöhnliche, ungefähr in einem halben rechten Winkel nach abwärts geneigte Ausflußröhre wie die von einer Spritzflasche. Auch diese macht man sich am besten selbst und macht die Ausflußöffnung so lange über der Flamme kleiner, bis bei einem bestimmten Druck eine bestimmte Ausflußmenge, worüber ich weiter unten eine Uebereinkunft vorschlagen werde, erreicht ist.

ad 2) Das schwanenhalsförmige Einflußrohr hat mir in meinem Leben vielen Kummer gemacht, nicht bloß am *Schöne*'schen Apparate, sondern noch mehr früher an den *Nöbel*'schen Schlämmtrichtern vorsündfluthlichen Angedenkens. Aus demselben ist der angehäufte Bodensand

schwer zu sammeln und die Gefäße sind außerdem dadurch mehr als nöthig dem Bruch ausgesetzt. Oefters habe ich an Stelle von dieser Einflußröhre versucht, eine Einflußröhre von oben in's Schlämmgefäß einzutauchen, natürlich eine, die bis auf den Grund geht, also ganz ähnlich wie bei dem früher in Gebrauch stehenden Schlämmapparate von *Benningsen-Förder*.

Allein es entsteht so leicht, selbst wenn das Lumen des Schlämmgefäßes spitz konisch nach unten verläuft, ein Nest von Erde, das nicht mit in die Höhe gewirbelt wird. Man kann dies wohl vermeiden; aber man kann den Apparat nicht gut in die Hände eines weniger Aufmerksamen geben.

Später bin ich dazu übergegangen, die *Schöne*'schen Apparate, die in meinem Laboratorium Verwendung fanden, unten quer abzuschneiden, und das schwanenhalsförmige Stück Glasröhre wieder mit ihnen durch ein starkes Stück Kautschuk zu verbinden, welches seinerseits eine Klemmschraube trägt. Schließt man diese noch während des Schlämmens — man thut gut mit dem Wasserdruck etwas nachzulassen, um ihn dann plötzlich ziemlich stark zu steigern — in einer Weise, daß kein Uebergang weiterer Schlämmprodukte möglich ist, so hat man den ganzen Schlämmrückstand über der Kautschukverbindung. Man kann von dieser das leere Schwanenhalsrohr abnehmen, dann eine Schale unterhalten und die Klemmschraube langsam öffnen. Der Wasserdruck wird alsdann die Schlämmmasse, wenn sie sich noch nicht alzusehr verdichtet hat, langsam in die Schale drücken und zugleich die Spülung besorgen und man muß nur die Röhre rasch dichtkneifen, wenn, nachdem dieses geschehen, die ganze Wassermasse nachzustürzen droht.

Noch zweckmäßiger erscheint mir dagegen meine neueste Modifikation, wonach ich einfach unten an den Schlämmapparat einen Glashahn habe anschmelzen lassen. Dieser ist natürlich sehr bequem zu schließen und da innerhalb der verhältnißmäßig engen Bohrung im Glashahn eine entsprechend starke Wasserströmung herrscht, resp. dieselbe sich unmittelbar vor dem Schließen einen Augenblick herstellen läßt, so dringt während des Schlämmens niemals ein noch so grobes Sandkorn in den Hahn ein, so daß eine Verletzung desselben beim Abdrehen nicht zu befürchten ist. Sollte die Bohrung des Hahns sich einmal zu eng erweisen für ein bequemes Ablassen der gröbsten Bestandtheile nach Beendigung des Schlämm-

processes, so kann man den Hahn ganz herausziehen, wobei man durch Auflegen des Daumens auf die obere Tubulatur des Schlämmgefäßes dafür sorgt, daß keine zu plötzliche Entleerung desselben stattfinden kann.

ad 3) Für viele roheren und dann namentlich für lange Reihen von vergleichenden Versuchen in Betreff von Erden von gleicher Constitution: beispielsweise in neu eingedeichten Poldern, zwischen welchen nur das Verhältniß zwischen Lehm und Sand zu wechseln pflegt, ist es sehr erwünscht, die Schlammrückstände volumetrisch ablesen zu können. Man braucht dann nur ein paar Mal Wägungen vorzunehmen, um in diesem speziellen Fall das Verhältniß von Volum unter Wasser und Lufttrockengewicht kennen zu lernen. Allgemein anwendbar erscheint diese Volummethode ohne entsprechend bedeutende Vorarbeiten freilich nicht, wenn auch der eigentliche Thon mit seinen eigenartigen Absetzungsverhältnissen schon bei der ersten Schlämmoperation weggeführt ist und feinerer und gröberer Sand sich in dieser Beziehung nicht so sehr verschieden verhalten. Ich habe daher das unterste Stück des Schlämmgefäßes rein cylindrisch machen und calibriren lassen und kann so manche Detailfrage über Bodenconstitution sehr rasch entscheiden.

Der so hergerichtete Apparat dient dann gleichzeitig auch als *Kühn*'scher Schlämmcylinder; nur daß an Stelle des Schüttelns ein momentanes Aufschlämmen durch den Wasserstrom tritt.

In Folge aller dieser Abänderungen entsteht endlich ein Schlämmapparat, wie ihn die beigegebene Abbildung (Fig. 3) zeigt. Dabei sind die Dimensionen des *Schöne*'schen Apparates beibehalten worden. Der großentheils konische Theil des Gefäßes CD ist ungefähr 50 cm lang, worauf es indessen nicht allzu ängstlich ankommt. Der weite cylindrische Theil zwischen B und C hat 5 cm (besser als 4,5) als Durchmesser, die obere Oeffnung bei A wenigstens 2 cm, da sonst nicht gut zwei wenn auch dünnwandige Röhren in die Tubulatur eingepasst werden können. Das kurze Stück Glasröhre, worüber der Kautschukschlauch E gestülpt wird, unterhalb des Hahns D muß enge sein, da sonst leicht etwas grober Sand in diesen Theil des Apparats gelangt, was übrigens keine weitere Störung der Analyse veranlaßt, da man leicht diese Menge wieder oben in den Apparat hineinspülen kann.

Sind die vorgeschriebenen Dimensionen, wobei es genau nur auf den Querschnitt des cylindrischen Theils des Apparates ankommt, eingehalten,

so ist es leicht, denselben so zu justiren, daß man mit denen des *Schöne*'schen Apparats identische Resultate bekommen muß. Man braucht nur die mit einem gewöhnlichen normalen Piezometer unter einem bestimmten Druck in der Zeiteinheit ausfließenden Wassermengen zu beobachten und alsdann die Ausflußöffnung der Röhre *F* so lange vor der Glasflamme zu reguliren, bis eine Uebereinstimmung erzielt ist. Da hierbei der Druck an der Röhre *H* abgelesen wird, muß deren Nullpunkt erst so gerichtet werden, daß er in einer Horizontale mit der Ausflußöffnung der Röhre *F* sich befindet, oder was auf dasselbe hinausläuft, beim Stand der Wassersäule in der Röhre *H* auf dem Nullpunkt eben kein Tropfen mehr ausläuft.

Daß diese Regulirung bei dem einfachen Röhrchen *F* leicht möglich ist, darin liegt meines Erachtens ein nicht geringer Vorzug der vorgeschlagenen Construction; denn nach *Schöne*[1]) «kann sich, wer einige Uebung am Glasbläsertisch hat, eine solche Röhre (Piezometer) selbst anfertigen», aber «da es nicht wohl in der Hand des Anfertigers liegt, namentlich der wichtigen Ausströmungsöffnung eine im Voraus ganz genau bestimmbare Größe zu geben, so muß dieselbe (nämlich die Relation zwischen Druckhöhe im Piezometer und Geschwindigkeit im Schlämmraum) durch Versuche gefunden werden.» Thatsächlich verhalten sich verschiedene von den Fabrikanten gefertigte Piezometer so verschieden, daß bei 10 cm Druck in einem Falle ein Liter Wasser $2\,^1/_4$ Minute Zeit brauchte um auszufließen, in einem andern Falle 10 Minuten. Natürlich kommt auch in der Praxis der Fall vor, daß ein Analytiker der die ursprüngliche Abhandlung von *Schöne* nicht gelesen hat, den gekauften Apparat vertrauensselig benutzt und Zahlen erhält, denen alle Objectivität abgeht. Der neue Apparat er-

1) Ueber Schlämmanalyse u. s. f. Berlin 1867.

Fig. 3.

laubt also nicht bloß die Resultate verschiedener Einzelapparate rechnerisch zu einander in bekannte Beziehungen zu bringen, sondern wirklich unter nahezu identischen Bedingungen zu experimentiren.

Hierzu wird nur nothwendig sein, daß man hinsichtlich des Schlämmgefäßes die Vereinbarung trifft, daß es, was seinen weitesten cylindrischen Theil angeht, so genau wie möglich 5 cm im Durchmesser habe, ferner daß man so lange mit der Ausflußöffnung variirt, bis man bei einem bestimmten Drucke in der aufsteigenden Röhre eine bestimmte Ausflußmenge erhält. Da es sich beim Schlämmen nur darum handelt, in dem cylindrischen Theile des Gefäßes eine bestimmte minimale und immer wieder herstellbare Stromgeschwindigkeit zu haben; diese Geschwindigkeit aber von nichts Anderem abhängig ist, als erstens von der Menge Wasser, die in der Zeiteinheit den Apparat passirt, und zweitens vom maximalen Querschnitt dieses Apparates, so muß, wenn man letzteren, wie ich vorschlage, ein für allemal constant macht, die erstere das Maß sein für die fragliche Größe. Für eine Ausflußröhre von fixirtem Widerstand ist aber der Flüssigkeitsdruck eine einfache Function der Ausflußmenge und umgekehrt, so daß das Eine durch das Andere gemessen werden kann. Ich schlage demnach vor und schließe mich dabei möglichst genau an, an die Verhältnisse, wie sie in dem zuletzt von mir benutzten *Schöne*'schen Apparate bestanden haben, den Widerstand in der Ausflußröhre so zu regeln, daß bei 5 cm Wasserdruck in der Druckröhre, in 10 Min. 1 Liter Wasser ausfließt. Ist hierin Uebereinstimmung erzielt, so kann man sicher sein, daß auch bei einem beliebigen anderen Druck in der Druckröhre, gleiche Mengen Wasser die so justirten Apparate durchfließen werden.

Endlich möchte ich noch vorschlagen, die Erde vor dem Schlämmen immer durch gleichartige Siebe gehen zu lassen. Die Lochweite von 1 mm wird wohl für das letzte Sieb die passendste sein, und nur was hierbei durchgeht, nachdem die Erde vorher wie üblich behandelt und gekocht ist, wird dem Schlämmprocesse überliefert. Die Vorschrift von *Schöne* 0,2 mm scheint mir in dieser Richtung etwas übertrieben. Ich hoffe, daß in dieser Weise modifizirt, sich der Schlämmapparat noch weiter in den Laboratorien der Landwirthe selber einbürgern wird und nicht bloß wie bisher der *Schöne*'sche Apparat ziemlich ausschließlich theoretischen von der Praxis kaum gewürdigten Studien dienen wird.

Ich erwähne schließlich, daß der von mir benutzte Apparat von der

Fabrik *Alt*, *Eberhardt* und *Jäger* in Ilmenau gefertigt wurde, daß indessen noch eine genauere Instruction hinsichtlich der Maße nothwendig sein wird, um wirklich den beschriebenen Apparat von dort zu erhalten. Ich werde allerdings hierfür bei der nächsten Gelegenheit Sorge tragen.

Wageningen, Reichsversuchsstation Febr. 1882.

Neue Litteratur.

J. B. Lawes, J. H. Gilbert und R. Warington. **Ueber die Menge und die Zusammensetzung des Drainwassers** in Rothamsted. On the amount and composition of the rain and drainage-waters collected at Rothamsted. Journ. of the royal agr. Soc. of England. Vol. XVII. Part. I and II.

In der vorliegenden Abhandlung theilen die Verff. die Resultate von Versuchen[1]) mit, welche den Zweck hatten, die Quantität und die Zusammensetzung des aus einem vegetationslosen Boden in verschiedenen Tiefen absickernden Wassers zu bestimmen.

Verff. benutzten in ihren Untersuchungen drei aus Ziegelsteinen gemauerte und cementirte Draingefäße (Lysimeter) von rechteckiger Grundform (6 : 7 Fuß 3 Zoll) und 4,047 □m = $^1/_{1000}$ acre großem Querschnitt. Die Apparate hatten dieselbe Form, wie der in ihrer Nähe befindliche Regenmesser[2]). Die Mächtigkeit der Bodenschicht variirte. Sie betrug im ersten Draingefäß 20, im zweiten 40, im dritten 60 engl. Zoll (1 Zoll = 2,45 cm).

Um den Boden in seiner natürlichen Beschaffenheit zu belassen und den wirklichen Verhältnissen entsprechende Daten über die Durchlässigkeit desselben für Wasser zu erhalten, wurde bei der Herstellung der Lysimeter an der Stelle des Feldes, wo sie späterhin errichtet werden sollten, ein Graben an der Vorderseite gezogen und die Bodenmasse bis zu den bezeichneten Tiefen allmälig unterminirt und mit 8 Zoll breiten gußeisernen und durchlöcherten Platten gestützt. Letztere wurden dann mit eisernen, querlaufenden Tragbalken mit einander verbunden und die Enden der letzteren und der Platten durch ein Mauerwerk an drei Seiten des späteren Draingefäßes gestützt. Der auf diese Weise von unten her getragene Boden wurde hierauf an den drei übrigen Seiten mit Gräben umgeben und dadurch vom Nachbarlande isolirt und schließlich mit dem Mauerwerk eingefaßt. Dieses erhob sich drei Zoll über den umgebenden Boden.

Ungefähr 1 Fuß 6 Zoll unter dem durchlöcherten Boden der Apparate war ein großer Trichter aus Zink angebracht, in welchen die Drainagewasser absickerten und aus welchen sie in ein untergestelltes Gefäß geführt wurden. In den ersten 3 Jahren wurde das Wasser in gläsernen Ballons aufgefangen und seine Menge durch Wägen bestimmt. Seit dem December 1873 wurden zu diesem Zweck galvanisirte eiserne Cylinder verwendet, die äußerlich mit einem Wasserstandsrohr versehen waren.

[1]) Vergl. das Referat über die ersten Mittheilungen dieser Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 295. Ferner diese Zeitschrift Bd. V. 1882. S. 112.

[2]) Diese Zeitschrift Bd. V. 1882. S. 112.



Der Boden in Rothamsted besteht hauptsächlich aus einem etwas schweren Lehm mit einem Untergrund von Thon, beide mit Kieseln gemischt und auf Kreide ruhend. Im vorliegenden Fall war die Ackerkrume 8 Zoll tief, darunter befand sich eine 10 Zoll starke Schicht bröcklichen Thones, der Untergrund bestand aus mehr steifem Thon.

An einzelnen wenigen Zahlen mußten Verff. Correkturen vornehmen, weil sich herausgestellt hatte, daß dieselben in Folge einiger nicht zu vermeidender Unregelmäßigkeiten (Leckwerden der Draingefäße, ungleichmäßige Ablagerung des Schnee's, Ueberlaufen des Wassers bei starken Niederschlägen) nicht zuverlässig waren.

Bevor die Verff. an eine Discussion der gewonnenen Resultate herantreten, schicken sie über das Verhalten des Regenwassers zum Boden folgende Bemerkungen voraus. «Es würde ein Irrthum sein, den gewöhnlichen Boden als eine gleichmäßig poröse Masse zu betrachten, welche einfach mit Wasser gesättigt wird und den überschüssigen Theil ablaufen lässt; der Boden ist in Wirklichkeit durchsetzt von unzähligen kleinen Kanälen, durch welche der Abfluß des Wassers mehr oder weniger erfolgt. Einige dieser Kanäle bestehen aus oberflächlichen Spalten . . . . Die tieferen Kanäle haben jedoch einen anderen Charakter: sie sind von den Pflanzenwurzeln hergestellt und noch mehr durch das Wühlen von Würmern. Für beide Thätigkeiten lieferte der Versuchsboden eklatante Beispiele. So wurden bei der Anfertigung der Gräben um die Apparate Gerstenwurzeln beobachtet, welche in den Boden bis auf 50—60 Zoll Tiefe eingedrungen waren. Wenn solche Wurzeln verfaulen, so bilden sich eben sehr feine Kanäle in dem Boden, durch welche das Wasser abziehen kann. Die Würmer gaben Veranlassung zu einer Reihe von Mißständen bei der Sammlung reinen Drainagewassers, indem sie unfreiwillig in die untergestellten Trichter fielen; selbst bei den 60 Zoll tiefen Draingefäßen traten sie auf.

Das Sickerwasser von einem Boden kann also zweierlei Art sein: es kann bestehen 1) aus Regenwasser, welches ohne wesentliche Veränderung in der Zusammensetzung, die offenen Kanäle des Bodens durchdringt, oder 2) aus dem Wasser, welches aus den Poren des gesättigten Bodens abläuft. Dies letztere Wasser, das eigentliche Sickerwasser des Bodens wird selbst in größerer oder geringerer Ausdehnung durch die erwähnten Kanäle rinnen. Das Verhältniß der direkten zu der gewöhnlichen Drainage wird sehr variiren in verschiedenen Böden und unter verschiedenen Umständen. In einem leichten Boden, mit natürlicher Durchlässigkeit, können die Kanäle nur eine unbedeutende Rolle spielen, indem der Regen von der ganzen Masse aufgenommen wird und dann abgegeben wird, wenn dieselbe gesättigt ist. In schweren Böden dagegen geht die Aufnahme als auch Abgabe des Wassers nur langsam vor sich und der Antheil, den die Kanäle an der Entleerung des Wassers aus dem Boden nehmen, ist viel beträchtlicher. In einem schweren Boden wird der direkte durch die Kanäle vermittelte Abfluß des Wassers in den meisten Fällen der gewöhnlichen Drainage vorhergehen, indem ein Theil des Wassers durch die offenen Kanäle in die Tiefe sinkt, ehe die Masse des Bodens gesättigt ist. Dies wird namentlich der Fall sein, wenn der Regen in größeren Mengen niederfällt und die Oberfläche sich mit Wasser bedeckt. Ist der Boden gesättigt, so wird auch die gewöhnliche Wasserleitung aktiv. Hat der

Regen aufgehört und ist die Oberfläche frei von stehendem Wasser, so wird das Absickern, welches dann noch eintritt, in der gewöhnlichen Weise erfolgen.

Die beiden hier angeführten Arten der Drainwässer differiren sehr in ihrer Zusammensetzung. Die direkt durch die Kanäle ablaufenden Wässer enthalten eine sehr viel kleinere Menge von löslichen Salzen, als in dem aus den Poren des Bodens austretenden Wässern enthalten ist. Für diese Verschiedenheiten liefern die Analysen der in Rothamsted gesammelten Drainwasser mehrfache Beispiele . . . .»

Wenn der Regen aufgehört hat und von einer Periode trockenen Wetters gefolgt ist, wird das Wasser von der Oberfläche des Bodens zu verdunsten beginnen. Das Wasser in den unteren Bodenschichten wird durch Kapillar-Attraktion in dem Grade nach oben steigen, wie die Oberfläche trocknet und dann auch seinerseits verdunsten. Die Tiefe, bis zu welcher die unteren Bodenschichten durch diesen vermittelst Kapillar-Attraktion bewirkten Wasserverlust austrocknen werden, hängt von der mechanischen Beschaffenheit des Bodens ab. Diese Tiefe wird größer sein bei einem Lehm- und Thonboden, wie bei einem Boden von mehr offener Textur, da die Höhe bis zu welcher das Wasser kapillar geleitet werden kann, von der Feinheit der Hohlräume, durch welche es hindurchgeht, abhängt.

Es ist evident, daß bei einem Boden wie dem zu Rothamsted, welcher einen thonigen Untergrund von wenigen Fuß Tiefe hat, und unter welchem eine Kreideschicht gelegen ist, die Bedingungen, welche die Entziehung des Wassers verursachen wesentlich von denen verschieden sein werden, die bei einem Boden maßgebend sind, der eine beträchtliche Mächtigkeit von schwerem Thon besitzt. Im ersteren Falle wird der Abfluß mehr durch die Abwärtsbewegung des Wassers bedingt sein, als durch Aufsteigen des Sättigungspunktes von unten. Es ist ferner klar, daß in einem, in solcher Weise natürlich drainirten Boden eine gegebene Quantität von Wasser bis zu einer desto größeren Tiefe gelangen wird, je größer der Regenfall einer gegebenen Jahreszeit sich gestaltet. In einer Saison mit geringerem Regenfall dagegen wird die Tiefe eine geringere sein. Es ist daher zu erwarten, daß in einer trockenen Saison die Durchdringung durch eine 20zöllige Bodenschicht größer sein wird als durch eine 40zöllige, und bei dieser größer als bei einer 60zölligen. In einer nassen Jahreszeit dagegen werden die Sickerwasser bis zu einer verhältnißmäßig größeren Tiefe gelangen und mehr Gleichförmigkeit anstreben. Dies wird der Fall sein, wenn nicht andere entgegenstehende Umstände, wie solche durch das Abschneiden des Bodens in verschiedenen Tiefen herbeigeführt werden, die Thätigkeit der Kapillarität beeinträchtigen und Wasser wieder aufwärts von der abgeschnittenen Stelle zurückkehrt. Eine weitere Konsequenz hiervon ist, daß der 20 Zoll mächtige Boden während trockenen Perioden viel mehr austrocknen wird, als die Böden von größerer Mächtigkeit in der korrespondirenden Tiefe. Der seichtere Boden wird daher zu seiner Sättigung bei aufeinander folgenden Regen bis zu derselben Tiefe mehr Wasser verlangen und das Sickerwasser wird geringer sein, wie in anderen Fällen. Man muß also berücksichtigen, daß der Gesammtwassergehalt, welcher von verschiedenen Bodendicken zurückgehalten wird, sehr verschieden ist und zu verschiedenen Zeiten sehr variirt. Es ist zu bedauern, daß die in den vorliegenden Versuchen gewonnenen Daten nicht ermöglichen, den Einfluß dieser verschiedenen Umstände zu erwägen,



da die erhaltenen Resultate etwas Anomales bieten. Bis zu Ende 1874 waren die Sickerwasser um so geringer, je mächtiger die Bodenschichte war. Im November und December 1874 wurde der die Versuchsböden umgebende Wall äußerlich mit Cement bedeckt und durch eine Wand von der Dicke eines halben Ziegels verstärkt. Von diesem Zeitpunkt ab war das Verhältniß der Sickerwasser zu einander ein anderes wie früher. Die 40zöllige Bodenschicht hat durchschnittlich erheblich mehr Drainwasser geliefert als die 20zöllige, während die 60zöllige erheblich weniger abgegeben hat als die 40zöllige. Dies geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

	Regenfall. Zoll	Drainwasser. in 20 Zoll Tiefe. Zoll	in 40 Zoll Tiefe. Zoll	in 60 Zoll Tiefe. Zoll
1871—74.	27,344	9,683	9,476	7,753
1875—80.	34,189	16,944	18,544	16,899
1871—80.	31,451	14,040	14,916	13,241

Wie man sieht, waren die 6 letzten Jahre nässer als die 4 ersten und deshalb finden sich größere Unterschiede in letzteren als in ersteren. Für die Thatsache, daß die 40 Zoll tiefen Apparate in den letzten 6 Jahren eine viel größere Menge Drainwasser geliefert haben, als die 20- und 60zölligen Apparate dürfte schwerlich eine Erklärung gefunden werden. Es könnte nur angenommen werden, daß die Wände des 40zölligen Apparats Risse bekommen hätten, durch welche Wasser von außen eingetreten sei, allein dies ist nicht zulässig, da ja die Wände cementirt und verstärkt wurden[1]). Ein Leck wurde nur im Februar 1879 bei dem 20zölligen Lysimeter beobachtet; dasselbe lief von außen nach innen und es konnte demgemäß kein Wasser von innen nach außen geflossen sein, was nothwendig gewesen wäre, um die auffallenden Unterschiede zu erklären. (In Rücksicht auf diese Unregelmäßigkeiten sowie darauf, daß die 20- und 60zölligen Apparate das gleiche Verhalten während der ganzen Dauer des Versuchs gezeigt haben, dürfte es zur Beurtheilung des Verhaltens des Bodens von verschiedener Mächtigkeit dem Regenwasser gegenüber zweckmäßig sein, nur die bei diesen Apparaten gewonnenen Zahlen mit einander zu vergleichen. Der Ref.)

A. Drainwassermengen.

1. Regenfall, Sickerwasser und Verdunstung während des Sommers, Winters und im Jahre während der Periode 1870—1880.

Sommer: April-Septemb.				Winter: Oktober-März				Jahr: Oktober-September			
Jahr	Regenfall	Sickerwasser	Verdunstung	Jahr	Regenfall	Sickerwasser	Verdunstung	Jahr	Regenfall	Sickerwasser	Verdunstung
1873	11,633	0,923	10,710	1879—80	7,031	3,948	3,083	1873—74	22,937	4,970	17,967
1874	13,097	1,052	12,045	1873—74	9,840	3,918	5,922	1879—80	24,087	9,808	14,279
1872	14,147	1,645	12,502	1871—72	12,165	6,032	6,133	1871—72	26,312	7,677	18,635
1877	14,429	3,139	11,290	1870—71	12,768	5,546	7,222	1870—71	29,317	9,631	19,686
1876	14,921	3,898	11,023	1874—75	13,407	7,281	6,126	1874—75	30,791	12,200	18,591
1871	16,549	4,085	12,464	1877—78	13,919	9,084	4,835	1872—73	31,620	13,772	17,848
1880	17,056	5,860	11,196	1878—79	16,964	13,586	3,378	1877—78	32,586	15,216	17,870
1875	17,384	4,919	12,465	1875—76	19,280	13,185	6,095	1875—76	34,201	17,083	17,118
1878	18,667	6,132	12,535	1872—73	19,987	12,849	7,138	1876—77	35,793	18,669	17,124
1879	25,754	12,271	13,483	1876—77	21,364	15,530	5,834	1878—79	42,718	25,857	16,861
Mittel	16,364	4,393	11,971	—	14,673	9,096	5,577	—	31,036	13,488	17,548

[1]) Die Annahme ist wohl nicht ausgeschlossen, daß der Boden in den 40zölligen Lysimetern eine etwas andere Textur gehabt habe, als derjenige der anderen Apparate, weil der Boden eines und desselben Feldes selbst bei sehr nahe aneinander gelegenen Parcellen nie ganz gleichförmig ist. Der Ref.



Diese Zahlen zeigen eine große Veränderlichkeit in den Regen- und Sickerwassermengen sowohl in den halbjährigen wie ganzjährigen Perioden.

Die Verdunstungsgröße in vorstehender Tabelle stellt die Differenz zwischen Regen- und Drainwassermengen dar. Eine solche Berechnungsweise ist, wie leicht erklärlich, nur in denjenigen Fällen statthaft, wo der Feuchtigkeitsgehalt im Boden am Anfang der Periode derselbe war, wie am Ende derselben, sie muß nothwendiger Weise zu Irrthümern Veranlassung geben, wenn die Feuchtigkeit in bezeichneter Richtung Unterschiede zeigt. Die Verff. geben dies übrigens zu und weisen auf die Fälle hin, in welchen die in obigen Tabellen hervortretenden Unregelmäßigkeiten auf Rechnung erwähnter Fehlerquelle zu setzen sind. So ist z. B. die abnorm hohe Verdunstung im Winterhalbjahr 1870/71 und 1872/73 dem Umstand beizumessen, daß der Boden während des vorhergehenden Sommers stark ausgetrocknet war, und das später zur Wiederanfeuchtung dienende und von dem Boden festgehaltene Wasser als verdunstet angenommen worden war. Die geringe Verdunstung in den Wintern 1878/79 und 1879/80 ist darauf zurückzuführen, daß die Sommer vorher äußerst feucht waren, die Winter aber trocken und kalt. In Folge dessen stammte ein Theil der Winterdrainwässer von dem Regen der Sommerperiode her und mußte die berechnete Verdunstung geringer ausfallen, als sie in Wirklichkeit war. Im Uebrigen dürfte der bezeichnete Fehler nur klein und bei langen Perioden ziemlich belanglos sein.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse zeigen die mitgetheilten Zahlen eine ziemliche Konstanz in der Verdunstungsgröße (14,279—19,686 Zoll im Jahre, 10,710—13,483 Zoll im Sommer, 5,834—6,133 im Winter nach Abrechnung der oben näher bezeichneten Perioden), trotz sehr großer Verschiedenheiten in der Witterung. Es beruht dies darauf, daß die beiden wesentlichsten Bedingungen einer reichlichen Verdunstung sehr selten gleichzeitig vorhanden sind. Während nasser Witterung, wenn der Boden reichlich mit Wasser versehen ist, ist gleichzeitig die Atmosphäre mehr oder weniger gesättigt und die Insolation ein geringe, Bedingungen, welche einer ausgiebigen Verdunstung ungünstig sind. Heiße Witterung ist gewöhnlich mit Regenmangel verbunden, der Boden trocknet dann in den obersten Schichten stark aus und die Verdunstungsgröße muß dadurch bedeutend kleiner werden.

Aus der Thatsache, daß die Verdunstung aus dem Boden konstant war, leiten die Verff. die Schlußfolgerung ab, daß das Drainwasser nur der Ueberschuß des Regenwassers über das verdunstete Wasser sei und suchen hieraus die Schwankungen in den beobachteten Sickerwassermengen zu erklären. Es kann also gesagt werden, daß in solchen Fällen, wo die Regenmenge gleich der verdunsteten Wassermenge ist, kein Drainwasser abfließen kann, aber daß darüber hinaus jeder Zoll Regen einen Zoll Sickerwasser produciren wird. Diese allgemeine Erscheinung macht sich in längeren Perioden mehr als in kürzeren bemerkbar. In letzteren ist die augenblickliche Vertheilung des Regens von vorwiegendem Einfluß, insofern als eine in kurzer Zeit niederfallende bedeutende Regenmenge mehr Sickerwasser liefern wird, als wenn dieselbe Menge über einen größeren Zeitraum vertheilt ist, wodurch die Verdunstung bedeutend erhöht wird.

Aus dem geschilderten Verhältniß der Verdunstung zur Drainage läßt sich nunmehr auch erklären, warum die Sickerwasser im Winter bedeutend größer



sind als im Sommer. Der Regenfall ist im Sommer größer als im Winter, aber die Sickerwasser im Sommer sind nur halb so groß wie im Winter, wegen der viel höheren Verdunstung während der wärmeren Jahreszeit. Die

2. Mittlere Regen-, Drain- und Verdunstungs-Wassermengen in den einzelnen Monaten im Mittel aller 10 Versuchsjahre

stellten sich für die einzelnen Monate im Mittel aller 10 Jahre wie folgt:

	Regenfall	Sickerwasser			Verdunstung		
		in 20 Zoll Tiefe	in 40 Zoll Tiefe	in 60 Zoll Tiefe	20 Zoll tiefer Boden	40 Zoll tiefer Boden	60 Zoll tiefer Boden
	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll
Januar	2,802	2,006	2,294	2,030	0,796	0,508	0,772
Februar	2,100	1,401	1,536	1,378	0,699	0,564	0,722
März	1,595	0,540	0,675	0,585	1,055	0,920	1,010
April	2,398	0,810	0,921	0,852	1,588	1,477	1,546
Mai	2,224	0,422	0,501	0,433	1,802	1,723	1,791
Juni	2,663	0,521	0,535	0,486	2,142	2,128	2,177
Juli	3,280	0,890	0,918	0,804	2,390	2,362	2,476
August	2,677	0,670	0,663	0,609	2,007	2,014	2,068
September	3,123	1,170	1,044	0,927	1,953	2,079	2,196
Oktober	3,162	1,694	1,682	1,414	1,468	1,480	1,748
November	3,094	2,158	2,241	1,999	0,936	0,853	1,095
December	2,333	1,758	1,906	1,724	0,576	0,427	0,609
Jahr	31,451	14,040	14,916	13,241	17,411	16,535	18,210

Diese Zahlen zeigen deutlich, daß die größten Drainwassermengen im Herbst und Winter (September bis Februar incl.) mit dem Maximum im November oder im Januar auftraten, während dieselben im Frühling und Sommer (März bis August) bedeutend geringer waren (mit dem Minimum im Mai). Die Verdunstung zeigte den umgekehrten Gang. Dieselbe ist am schwächsten während der Wintermonate November bis Februar, nimmt dann mit steigender Temperatur stetig zu bis zum Juli, wo sie das Maximum erreicht und fällt dann wieder bis zum Oktober, von wo ab das weitere Fallen sehr schnell erfolgt bis zum Minimum (December).

Bezüglich des Einflusses der Mächtigkeit der Bodenschicht auf die Sickerwassermengen lassen die mitgetheilten Zahlen keine Gesetzmäßigkeiten erkennen. Die in den Jahren 1870—1875 angestellten Beobachtungen hatten ergeben, daß die durch den Boden gesickerten Wassermengen um so kleiner sind, je tiefer die Bodenschicht ist[1]). Durch die in den späteren Jahren erhaltenen Resultate wurde dieses Verhältniß im Mittel umgestoßen, insofern nun die 40 Zoll tiefen Apparate das meiste Wasser, demnächst die 20 Zoll tiefen und die 60 Zoll tiefen die geringsten Wassermengen geliefert hatten. Wahrscheinlich hatten die Apparate Sprünge bekommen[2]), durch welche Wasser von außen nach innen oder umgekehrt treten konnte.

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 296.

[2]) Die Verff. führen selbst an, daß zu verschiedenen Zeiten solche Sprünge, die dann selbstverständlich beseitigt wurden, beobachtet worden wären.

Die Verff. weisen schließlich darauf hin, daß die bei brachliegendem Boden angestellten Versuche noch kein Bild von der Durchlässigkeit des mit Pflanzen bestandenen Bodens geben können. Die zu diesem Zweck eingerichteten und aus Cylindern von Steingut hergestellten Lysimeter[1]) (18 an der Zahl) hatten Lecke bekommen. Aus diesem Grunde und weil dem Boden in den Apparaten selbst bei Anwendung von Druck und Zusammenschlemmung mit größeren Wassermengen nicht die Beschaffenheit gegeben werden konnte, welche der Boden unter natürlichen Verhältnissen besitzt, wurden diese Versuche aufgegeben.

Bezüglich des Einflusses der Pflanzendecke auf die Drainagewassermengen werden die früher veröffentlichten Verdunstungsversuche[2]) der Verff., sowie die darüber von anderen Forschern (*Maurice, Gasparin, Dickinson* und *Evans, Greaves, Ebermayer*)[3]) berührt, nach welchen der mit Pflanzen bedeckte Boden bedeutend mehr Wasser verdunstet und in Folge dessen viel geringere Mengen von Sickerwasser liefert als der unbedeckte Boden.

B. Zusammensetzung der Drainwasser.

Zur Charakteristik des Versuchsbodens führen die Verfasser an, daß derselbe 1868 mit Guano und Superphosphat gedüngte schwedische Rüben, 1869 ungedüngten Weizen getragen hätte und 1870 brach blieb. Die Vorfrüchte zu den schwedischen Rüben waren Cerealien, welche mit künstlichem Dünger, hauptsächlich mit Guano gedüngt wurden.

Der Boden wurde im Juni 1870 bis zu einer Tiefe von 54 Zoll in verschiedenen, aufeinander folgenden, 9 Zoll starken Schichten auf seinen Stickstoffgehalt untersucht. Letzterer stellte sich wie folgt:

		Stickstoff in 100 Theilen trocknen Bodens	Stickstoff per acre in Pfunden
Erste	9 Zoll	0,1463	3499
Zweite	9 »	0,0781	2083
Dritte	9 »	0,0757	1902
Vierte	9 »	0,0757	1825
Fünfte	9 »	0,0611	1668
Sechste	9 »	0,0569	1359

Um die folgenden Resultate zu verstehen, muß berücksichtigt werden, daß der Boden, neben den Bestandtheilen, welche ursprünglich in ihm enthalten sind, eine bestimmte Menge von Stoffen aus der Atmosphäre erhält, durch das Regenwasser und ebenso durch direkte Absorption. Sulphate, Chloride, geringe Mengen organischer Substanzen, Ammoniak und Nitrate werden ihm regelmäßig auf diese Weise zugeführt. Wenn größere Niederschläge erfolgt sind, finden sich auch größere Mengen von den Bestandtheilen derselben in den Drainwässern vor und dies ist hauptsächlich der Fall, wenn der Boden brach liegt. Für die in den Drainwässern auftretenden Nitrate ergiebt sich eine weit ergiebigere Quelle, als der Regen.

[1]) Vergl. The Rothamsted Agricultural Experiment Station. The *Gardener's* Chronicle. 22. Sept. 1877.

[2]) Experimental Investigation into the Amount of Water given of by Plants during their Growth. Journ. Hort. Soc. London. V. 38. 1850.

[3]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 295. Die Versuche deutscher Forscher (*Vogel, Pfaff, Wolderich, Wilhelm, Breitenlohner, Wollny* u. A. m.), mit Ausnahme derjenigen *Ebermayer's*, scheinen den Verf. unbekannt geblieben zu sein.



Die Nitrate werden hauptsächlich in den obersten Schichten des Bodens gebildet, und gewöhnlich in sehr beträchtlichen Mengen unter Mithülfe eines lebenden Fermentes, welches das Ammoniak oxydirt und wahrscheinlich andere stickstoffhaltige Körper[1]). Dieses nitrificirende Ferment ist in allen fruchtbaren Böden enthalten; es verlangt, damit es seine Thätigkeit entfalten kann, eine genügende Menge Wasser und Luft, und ebenso einige salzbildende Basen, wie Kalk; ebenso ist eine gewisse Wärmemenge nothwendig. In einem trockenen Boden kann keine Nitrification stattfinden; die Aktivität derselben steigt in dem Grade der Boden feuchter wird bis zu dem Punkt, wo das Wasser beginnt die Durchlüftung des Bodens zu beeinträchtigen. Die Nitrifikation hört nahe bei dem Gefrierpunkt auf, und wächst mit steigender Temperatur bis 37° C., wo sie das Maximum erreicht; bei höherer Temperatur nimmt sie wieder ab und kommt bei 55° C. zum Stillstand. Der Proceß der Nitrifikation geht wahrscheinlich in den obersten Schichten, wo die stickstoffhaltigen Substanzen in den größten Mengen vorhanden sind und der Luftzutritt am größten ist, am energischsten vor sich; er entwickelt die größte Energie im Sommer und hauptsächlich, wenn derselbe feucht ist. Das im Boden sich bildende Nitrat ist hauptsächlich salpetersaurer Kalk.

Wenn Regen auf den Boden fällt, so löst derselbe einige Bestandtheile, welche der Boden enthält auf und diese erscheinen dann schließlich in den Drainwässern in größerer oder geringerer Menge. Die durch den Regen aufgelösten Substanzen lassen sich in zwei Classen bringen, 1) in Substanzen, welche nicht absorbirt, und 2) in solche, welche vom Boden festgehalten werden. Zu ersteren gehören die Salzsäure, die Salpetersäure und in geringerem Grade die Schwefelsäure, ferner das Natron und der Kalk. Die Chloride und Nitrate des Natriums und des Calciums und in geringerem Maße die Sulphate derselben sind solche nicht absorbirbare Salze, die bei genügenden Wassermengen aus dem Boden ausgewaschen werden können. Auf der anderen Seite besitzen sehr fruchtbare Böden ein großes Absorptionsvermögen für Phosphorsäure, Ammoniak und Kali, und diese Substanzen werden daher in den Drainwässern nur in geringen Mengen gefunden, ausgenommen gewisse besondere Umstände.

Um einige Anhaltspunkte über das Verhalten des Regenwassers zu den im Boden vorhandenen löslichen Salzen zu gewinnen, haben die Verfasser zunächst mehrere Versuche im Laboratorium angestellt.

In einem cylindrischen Gefäß, von 4½ Zoll Durchmesser, wurden 7 Pfund feingepulverte, lufttrockene Ackererde in einer 8 Zoll hohen Schicht eingestampft und mit Wasser übergossen. Letzteres wurde mittelst einer *Bunsen*'schen Pumpe ausgepumpt. Das Wasser wurde in einzelnen Portionen gesammelt und analysirt. Dasselbe enthielt folgende Mengen von Chlor und Stickstoff:

Aufgegossenes Wasser	Drainwasser	Im Drainwasser Chlor	Im Drainwasser Stickstoff
1000	50 g	0,05343 g	0,00942 g
	50 »	0,01330 »	0,00414 »
	50 »	0,00106 »	0,00040 »
100	100 »	nichts	0,00017 »

[1]) Vergl. *Th. Schlösing* und *A. Müntz*, Comptes rendus. 1877. Bd. LXXXIV. p. 301. 1879. Bd. LXXXIX. p. 891, und *R. Warington*, On Nitrification, Journ. of Chem. Soc. January 1878.

Die Wirkung der beschleunigten Sickerung durch den Boden ist auffallend. Mehr als drei Viertheile der löslichen Salze des Bodens sind in den ersten 50 g Sickerwasser enthalten und nahezu die ganze Menge in den ersten 150 ccm.

Drei weitere Versuche wurden in folgender Weise vorgenommen:

Derselbe Boden, wie der in dem vorstehenden Versuche angewandte, wurde durch Auswaschen seiner löslichen Salze beraubt und mit einer Chlornatriumlösung, in einem anderen Fall mit einer Lösung von Natronsalpeter übergossen und 8 Tage stehen gelassen. Hierauf wurden täglich 120 ccm Wasser aufgegossen, welche in ca. 24 Stunden (ohne Anwendung der Luftpumpe) absickerten. Das Resultat war folgendes:

Aufgegossenes Wasser	Drainwasser	Chlor im Drainwasser	Chlor in der aufgegossenen Lösung
in 11 Tagen			
1320 g	1301,7 g	0,23287 g	0,23313 g
		Stickstoff im Drainwasser	Stickstoff in der aufgegossenen Lösung
in 9 Tagen			
1080 g	1069,5 g	0,01920 g	0,09198 g

Die in der aufgegossenen Kochsalzlösung enthaltene Chlormenge war vollständig in den Sickerwassern wiedererschienen und zwar vertheilt auf 950 g[1]). Bei dem ersten Versuch hatten 150 g Wasser genügt, um sämmtliches Chlor aus dem Boden zu entfernen. Es ergiebt sich hieraus, daß die Auswaschung der löslichen Salze schnell erfolgt, und daß daher ein intensiver Regenfall in dieser Hinsicht viel gefährlicher für den Boden ist, als die gleiche Regenmenge auf einen längeren Zeitraum vertheilt.

Von dem in der aufgegossenen Salpeterlösung enthaltenen Stickstoff wurden nur 20,9% in dem Drainwasser wiedergefunden. Der übrige Theil ist wahrscheinlich durch die organischen Substanzen des Bodens desoxydirt und in Ammoniak und Stickstoff verwandelt worden. Dieser Proceß findet nach den Beobachtungen von *Schlösing*[2]) im Boden überall statt, wo der Zutritt der Luft gehemmt ist. Um die Richtigkeit dieser Anschauung zu prüfen, wurde ein dritter Versuch ausgeführt, in welchem die doppelte Menge von Natronsalpeter angewendet wurde und die Absaugung nicht nach 8tägigem Stehenlassen des Bodens, sondern wenige Stunden nach dem Aufgießen der Salzlösung erfolgte. Es erschienen nun 56% von dem zugeführten Stickstoff in den Drainwässern.

Die Drainwässer aus den Lysimetern des Versuchsfeldes wurden von 1870 bis 1874 nur selten (von *Frankland*) analysirt. Es zeigte sich der in Form von Nitraten und Nitriten auftretende Stickstoff in sehr wechselnden Mengen, zu 6,07 bis 49,36, im Mittel zu 21,95, in 1 Million Theilen Wasser im Durchschnitt sämmtlicher Versuche. Die bei verschiedener Mächtigkeit der Bodenschicht gewonnenen Daten lieferten keine Gesetzmäßigkeiten (das Wasser von der 20zölligen Schicht lieferte die größten, von der 40zölligen Schicht die kleinsten, die 60zöllige mittlere Stickstoffmengen). Die Ursachen hiervon beruhen, nach Meinung der Verff., auf der von den übrigen abweichenden Zusammensetzung des mittelstarken Bodens.

Seit dem September 1874 wurde von jedem Tage eine Probe Drainwasser abgenommen und sämmtliche Proben eines Monats gemischt und untersucht. Die

[1]) In den ersten Drainwasserproben war kein Chlornatrium enthalten.

[2]) Comptes rendus. Bd. LXXVII. S. 353.



gewonnenen Resultate sind zur Aufklärung der in Rede stehenden Verhältnisse weniger geeignet, weil die einzelnen Proben nicht im Verhältniß zur Drainwassermenge genommen wurden. Dies geschah erst seit dem Mai 1877 ab. Die Analysen wurden so bald als möglich, nachdem die monatliche Probe vollständig war, ausgeführt. Die nachstehenden Tabellen enthalten die gewonnenen Resultate, die Columnen, welche den relativen Gehalt der Wässer von Stickstoff und Chlor angeben, sind fortgelassen, weil dieselben zur Beurtheilung der Frage der Erschöpfung des Bodens durch die Drainwässer nicht brauchbar sind, vielmehr hier nur die absoluten Mengen der ausgewaschenen Stoffe Auskunft geben können.

(D. Ref.)

	Drainwasser			Stickstoff als Nitrate per acre			Chlor per acre		
	in 20 Zoll Tiefe Zoll	in 40 Zoll Tiefe Zoll	in 60 Zoll Tiefe Zoll	in 20 Zoll Tiefe ℔	in 40 Zoll Tiefe ℔	in 60 Zoll Tiefe ℔	in 20 Zoll Tiefe ℔	in 40 Zoll Tiefe ℔	in 60 Zoll Tiefe ℔
Mai 1877	0,445	0,548	0,510	1,16	1,28	1,75	1,28	0,58	0,58
Juni »	0,026	0,096	0,102	0,05	0,18	0,33	—	0,09	0,13
Juli »	0,560	0,514	0,440	2,57	1,74	1,95	0,75	0,66	0,53
August »	0,384	0,387	0,313	2,56	1,53	1,54	0,63	0,55	0,45
September »	0,205	0,254	0,207	1,18	0,89	0,98	0,31	0,34	0,28
Oktober »	0,580	0,505	0,389	4,06	2,13	2,06	1,31	0,93	0,79
November »	4,031	4,201	3,824	11,40	10,93	10,90	4,56	5,32	4,59
December »	1,742	1,982	1,752	4,89	4,89	5,67	2,09	2,33	1,78
Summa	**7,973**	**8,487**	**7,537**	**27,87**	**23,57**	**25,27**	**10,93**	**10,80**	**9,13**
Januar 1878	1,101	1,362	1,200	3,24	3,42	4,18	1,25	1,54	1,36
Februar »	1,013	1,203	1,132	2,41	2,42	3,00	0,92	1,12	1,02
März »	0,273	0,503	0,458	0,82	1,08	1,54	0,29	0,50	0,48
April »	2,349	2,822	3,467	3,51	4,02	5,96	1,65	2,11	2,35
Mai »	1,479	1,848	1,502	4,45	4,10	4,76	1,24	1,55	1,22
Juni »	0,611	0,856	0,755	1,84	1,92	2,36	0,55	0,87	0,68
Juli »	0,009	0,032	0,063	0,02	0,08	0,19	0,01	0,04	0,06
August »	1,331	1,169	1,129	6,93	3,65	4,32	1,36	1,30	1,20
September »	0,075	0,122	0,113	0,80	0,31	0,42	0,08	0,13	0,12
Oktober »	1,370	1,391	1,103	5,77	4,41	4,14	1,52	1,61	1,32
November »	3,771	4,067	3,665	9,47	8,93	9,54	3,24	3,96	3,40
December »	1,108	1,374	1,542	3,01	2,58	4,12	1,03	1,27	1,33
Summa	**14,490**	**16,749**	**16,129**	**41,77**	**36,92**	**44,53**	**13,14**	**16,00**	**14,54**
Januar 1879	2,470	2,652	2,472	6,59	4,62	6,26	1,56	2,22	1,85
Februar »	5,734	4,438	4,218	9,34	6,93	8,78	5,84	3,61	3,24
März »	0,138	0,284	0,257	0,47	0,49	0,82	0,11	0,24	0,23
April »	1,270	1,503	1,375	3,51	2,53	3,48	1,12	1,33	1,15
Mai »	1,217	1,393	1,297	2,62	1,99	2,91	1,16	1,13	1,12
Juni »	2,156	2,239	2,185	4,05	2,94	4,60	1,41	1,57	1,48
Juli »	1,828	1,965	1,806	4,55	3,51	4,66	1,41	1,69	1,47
August »	4,601	4,598	4,346	9,68	7,28	11,21	1,35	2,29	2,66
September »	1,110	0,998	0,920	3,21	2,08	2,77	0,55	0,63	0,71
Oktober »	0,221	0,422	0,426	0,64	0,89	1,27	0,14	0,29	0,32
November »	0,195	0,116	0,099	0,71	0,24	0,30	0,16	0,11	0,09
December »	0,413	0,490	0,442	1,54	0,92	1,21	0,45	9,47	0,32
Summa	**21,353**	**21,103**	**19,843**	**46,91**	**34,42**	**48,27**	**15,26**	**15,58**	**14,64**

	Drainwasser			Stickstoff als Nitrate per acre			Chlor per acre		
	in 20 Zoll Tiefe. Zoll	in 40 Zoll Tiefe Zoll	in 60 Zoll Tiefe Zoll	in 20 Zoll Tiefe ℔	in 40 Zoll Tiefe ℔	in 60 Zoll Tiefe ℔	in 20 Zoll Tiefe ℔	in 40 Zoll Tiefe ℔	in 60 Zoll Tiefe ℔
Januar 1880	0,482	0,611	0,457	1,68	1,34	1,47	0,33	0,50	0,40
Februar »	2,360	2,591	2,301	9,45	6,62	6,72	2,14	2,34	2,08
März »	0,038	0,095	0,085	0,13	0,19	0,25	0,04	0,07	0,10
April »	0,493	0,533	0,434	1,86	1,27	1,39	0,44	0,47	0,38
Mai »	0,002	0,021	0,028						
Juni »	0,010	0,008	0,020	6,76	3,61	4,02	1,51	1,22	1,13
Juli »	1,352	1,229	1,062						
August »	0,214	0,279	0,221	1,05	0,71	0,79	0,23	0,27	0,19
September »	3,964	3,931	3,779	15,96	11,05	10,69	2,69	3,20	2,48
Oktober »	4,466	4,448	4,070	12,93	9,26	9,95	3,33	3,12	2,95
November »	2,244	2,387	2,141	5,28	4,21	5,28	1,98	2,05	1,94
December »	2,814	2,852	2,681	4,52	4,45	5,70	2,16	2,30	2,12
Summa	**18,439**	**18,985**	**17,279**	**59,62**	**43,31**	**46,26**	**14,85**	**15,54**	**13,77**
Januar 1881	1,013	1,121	1,321	0,69	1,14	1,97	1,10	1,07	1,26
Februar »	3,426	3,707	3,287	3,72	4,11	5,50	2,95	3,52	2,97
März »	1,663	1,779	1,654	1,47	1,81	2,47	1,47	1,57	1,38
April »	0,003	0,010	0,030	—	0,01	0,08	—	0,01	0,03
Summa	**6,105**	**6,617**	**6,292**	**5,88**	**7,07**	**10,02**	**5,52**	**6,17**	**5,64**
Summa für 48 Monate	**68,360**	**71,941**	**67,080**	**182,05**	**145,29**	**174,35**	**59,70**	**64,09**	**57,72**
Mittel für 12 Monate	**17,090**	**17,983**	**16,770**	**45,51**	**36,32**	**43,59**	**14,93**	**16,02**	**14,43**

Sieht man zunächst von Nebenumständen ab, so zeigen diese Zahlen, daß die dem Boden entzogenen Stickstoff- und Chlormengen mit den Drainwassermengen zu- und abnehmen. Sehr deutlich treten diese Verhältnisse in die Erscheinung, wenn man die gewonnenen Zahlen auf die «Drainjahre» (Oktober bis September) berechnet.

In 20 Zoll Tiefe				In 40 Zoll Tiefe				In 60 Zoll Tiefe			
Jahr	Drainwasser Zoll	Stickstoff per acre ℔	Chlor per acre ℔	Jahr	Drainwasser Zoll	Stickstoff per acre ℔	Chlor per acre ℔	Jahr	Drainwasser Zoll	Stickstoff per acre ℔	Chlor per acre ℔
1879-80	9,743	39,78	8,13	1879-80	10,326	27,44	8,94	1879-80	9,354	28,11	7,49
1877-78	14,591	43,87	15,31	1877-78	16,605	38,95	17,74	1877-78	15,784	45,45	15,65
1878-79	26,772	62,27	20,30	1878-79	26,907	48,29	21,55	1878-79	25,186	63,29	19,96
Mittel	**17,035**	**48,64**	**14,58**	Mittel	**17,946**	**38,23**	**16,08**	Mittel	**16,774**	**45,62**	**14,36**

Im Uebrigen bemerkt man vielfach, daß auch die Wirkung der Wärme auf die Nitrifikation zur Geltung kommt, indem im Sommer und in den auf diesen folgenden Monaten die ausgewaschenen Mengen von Stickstoff nicht selten relativ und absolut größer sind, als zu den übrigen Jahreszeiten, d. h. daß die durch die Sickerwässer abgeführten Stickstoffmengen zu dieser Jahreszeit unter Umständen größer, bei kleineren Drainwassermengen relativ und absolut größer sein können, als bei größeren Sickerwassermengen während der kälteren Jahreszeit. Durch die Wärme wird eben die Bildung der Salpetersäure befördert und daher sind in der Mehrzahl der Fälle die Drainwasser vom Juli bis Oktober am reichsten, vom April bis zum Juni gewöhnlich am ärmsten an Nitraten. Dies ist aber nicht immer der Fall, nur dann wenn die Wärme zur vollen Wirkung gelangen kann, d. h. wenn der Boden feucht und für die atmosphärische Luft zugänglich ist. Ist derselbe aber trocken, oder so naß, daß der Zutritt der Luft gehemmt ist, so wird die Nitrification bedeutend beeinträchtigt. Auf diese Ursachen sind offenbar die Unregelmäßigkeiten in den Erscheinungen zurückzuführen.

Die durchschnittliche Menge des dem Boden durch die Drainwässer in Form von Nitraten und Nitriten entzogenen Stickstoffs ist, wie die Zahlen darthun, in einem brachliegenden Boden[1]) in einem feuchten Klima eine sehr bedeutende, sie kann gleich sein derjenigen, die in einer Weizen- und Gerstenernte enthalten ist. Diese Thatsache ist für die Praxis von großer Bedeutung, denn sie zeigt, daß in einem feuchten Klima die Brachhaltung auf die Fruchtbarkeit des Bodens ungemein schädlich wirken muß[2]). In einem trockenen Klima, wo die Auswaschung des Bodens nur gering ist, wird die Brache indessen von günstigem Einfluß auf das Wachsthum der folgenden Früchte sich erweisen, weil wegen der Ansammlung von Feuchtigkeit während der Ruhezeit und der höheren Temperatur des Bodens die Nitrifikation gefördert und die gebildeten Stickstoffverbindungen den weiterhin angebauten Pflanzen zu Gute kommen[2]).

Bezüglich der in den Drainwässern enthaltenen Chlormengen sei schließlich erwähnt, daß sich zwischen diesen und den in den Regenwässern enthaltenen eine hübsche Uebereinstimmung ergiebt, denn die Menge des in 43 Monaten im Drainwasser gefundenen Chlors erwies sich als nahezu gleich derjenigen des Regenwassers in demselben Zeitraum.

Der Chlorgehalt des Drainwassers zeigte sich übrigens weit constanter als der Salpetergehalt. Es erklärt sich aus dem Umstande, daß die Chloride nicht wie die Nitrate in einer bestimmten Jahreszeit im Boden in größter Menge gebildet werden, sondern mit jedem Regen in denselben gelangen. Im Allgemeinen ist das Winterdrainwasser etwas reicher an Chlor als das Sommerdrainwasser, weil die Niederschläge im Winter mehr Chloride enthalten als im Sommer. *E. W.*

---

[1]) In einem mit Pflanzen bestandenen Boden walten offenbar andere Verhältnisse ob, da die Pflanzen die gebildeten Nitrate aufnehmen. Ueber diesen Gegenstand stellen die Verff. weitere Versuche in Aussicht.

[2]) Dies wird nicht immer der Fall sein. Ref. hat an der Hand zahlreicher eigenen Untersuchungen gezeigt, unter welchen Verhältnissen die Brache schädlich, unter welchen sie nützlich ist. Vergl. *E. Wollny*, Der Einfluß der Pflanzendecke und der Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin 1877. Ferner *Paul Parey*, Ueber die Wirkung der Brache. Allgemeine Hopfenzeitung. 1819. Nr. 55/56. S. 218 u. 219. Referat in *Biedermann's* Centralblatt für Agrikulturchemie. 1880. S. 252.



E. Wollny. **Einfluß der künstlichen Düngemittel auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens.** Oesterr. landw. Wochenblatt. 1882. Nr. 4.

— **Zur Kultur der bündigen Bodenarten.** Wiener landw. Zeitung. 1882. Nr. 3.

— **Zur Kultur der Sandböden.** Deutsche landw. Presse. 1882. Nr. 10.

E. W. Prevost. **Wachsthum der Pflanzen in durch Regen abgeschwemmten Boden.** Journ. of the Chem. Soc. 1881. Bd. 39. S. 475—485.

H. von Bretfeld. **Einfluß der Dichtigkeit des Bodens auf das Wachsthum der Weizenpflanze,** aus: Ueber die Wirkung äußerer Einflüsse auf die formale Ausgestaltung der Weizenpflanze. Landw. Versuchsstationen. Bd. XXVII. 1882. S. 443—448.

E. W. Hilgard. **The Objects and Interpretation of Soil Analysis.** American Journ. of Science. Vol. XXII. September 1881, pag. 183—197.

F. Krasan. **Die Erdwärme als pflanzengeographischer Faktor.** Bot. Jahrbuch f. System., Pflanzengesch. und Pflanzengeogr. Bd. II. Heft 3. Leipzig 1881. S. 185—255.

Ch. Contejean. **Influence du terrain sur la végétation.** Géographie botanique. Paris 1881.

A. König. **Absorptionsvermögen humoser Medien.** Landw. Jahrbücher. XI. 1882. S. 1.



II. Physik der Pflanze.

Ein Beitrag zur weiteren Begründung der Dissociations-hypothese.

Von Dr. **W. Detmer**, Professor an der Universität Jena.

Während es den Physiologen vor noch nicht langer Zeit vor allen Dingen darauf ankommen mußte, der Anschauung von der Thätigkeit einer besonderen Lebenskraft im vegetabilischen und animalischen Organismus entgegenzutreten, hat in unseren Tagen die Ansicht fast allgemeine Anerkennung gefunden, nach welcher die Lebensprocesse von den nämlichen physikalischen sowie chemischen Gesetzen beherrscht werden, welche auch außerhalb der Organismen thätig sind[1]).

Eine zweite wichtige Erkenntniß, die sich in immer weiteren Kreisen der Physiologen Bahn bricht, ist diese, daß die Lebensäußerungen der Zellen an das lebensthätige Protoplasma gebunden sind. In diesem letzteren spielen sich unzweifelhaft überaus verwickelte Processe ab, die, obgleich ihr Zustandekommen von physikalischen und chemischen Gesetzen beherrscht wird, in Folge der besonderen Umstände, unter denen sich diese letzteren geltend machen, dennoch von ganz eigenartiger Natur sein müssen.

In neuester Zeit hat man versucht, den die Lebensvorgänge im Protoplasma bedingenden Processen spezieller nachzugehen, und es sind zwei Hypothesen zur Gewinnung tieferer Einsicht in das Wesen des Lebens-

[1]) Die physikalischen und chemischen Kräfte, welche die Lebensvorgänge vermitteln, müssen unter dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft stehen. Dies ist das charakteristische Merkmal für dieselben, denn die sogenannte Lebenskraft wird eben als eine besondere, nicht unter dem erwähnten Gesetze stehende Kraft vorgestellt.



processes aufgestellt worden, nämlich die Ferment- und Dissociationshypothese[1]).

Die Vertreter der ersteren *(Hoppe-Seyler, Borodin, Claude-Bernard)* nehmen an, dass die fundamentalen Lebensprocesse im Protoplasma durch die Thätigkeit besonderer Fermente vermittelt werden, während die Lebenserscheinungen vom Standpunkte der Dissociationshypothese aus auf eine unter allen Umständen erfolgende Selbstzersetzung der lebendigen Eiweißmolecüle des Protoplasma zurückgeführt werden müssen.

Pflüger[2]) hat in einer sehr bedeutungsvollen Abhandlung zuerst versucht, die Lebensphänomene von einem solchen Standpunkte aufzufassen, und ich habe versucht, der Dissociationshypothese in meinen citirten Schriften speziell mit Rücksicht auf die Pflanzenzellen eine weitere Begründung zu verleihen.

Die Molecüle des Protoplasma, welche die lebendigen Eiweißmolecüle repräsentiren, sind von mir als Lebenseinheiten bezeichnet worden, jedoch glaube ich, daß es vielleicht noch zweckmäßiger erscheint, dieselben physiologische Elemente zu nennen, weil auf ihr eigenthümliches Verhalten schließlich fast alle Vorgänge in den Zellen zurückgeführt werden müssen. Der Verlauf der Stoffwechselprocesse, der Athmung, des Wachsthums, ja sogar der Gestaltbildung der Organismen etc. scheint mir der Hauptsache nach abhängig von dem Verhalten der physiologischen Elemente zu sein, und mit Bezug auf das letztere Verhältniß lassen sich gewiß viele Anschauungen, welche *Sachs*[3]) in seiner geistvollen Abhandlung über Stoff und Form der Pflanzenorgane äußert, für eine weitere Begründung der Dissociationshypothese verwerthen.

Für mich handelt es sich hier aber zunächst um die Frage nach dem Werthe der Dissociationshypothese überhaupt, zumal im Vergleich zu demjenigen der Fermenthypothese. Ich bin dieser Frage bereits in meiner citirten, in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern erschienenen Abhandlung näher getreten, und will hier nicht specieller auf jene Gesichtspunkte eingehen, welche mich bei der Ausführung meiner mit Bezug

[1]) Vergl. *Detmer*, Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen, Jena 1880; System der Pflanzenphysiologie, erster Theil, im II. Bande des von *Schenk* herausgegebenen Handbuchs der Botanik; landwirthschaftliche Jahrbücher Bd. X; *Pringsheim's* Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik S. 12.

[2]) Vergl. *Pflüger*, Archiv für die gesammte Physiologie Bd. X. C. 300.

[3]) Vergl. *Sachs*, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg Bd. II. S. 452.

auf obige Frage angestellten Untersuchungen leiteten. Indem ich den Leser auf die citirte Schrift verweise, sei hier nur das Folgende bemerkt:

1) Wenn die Lebensprocesse auf dem Stattfinden fermentativer Processe im Protoplasma beruhen, so müssen Substanzen, welche die Fermente unwirksam machen, zugleich die Pflanzenzellen tödten, denn eine Vernichtung der Fermente ist in diesem Falle gleichbedeutend mit einer Beseitigung der den Lebensprocessen zu Grunde liegenden Ursachen.

2) Es ist vom Standpunkte der Fermenthypothese aus sehr wahrscheinlich, daß gewisse Substanzen, welche die Pflanzenzellen tödten, zugleich auch jene Fermente, welche die Lebensprocesse hervorrufen, vernichten.

Nun ist allerdings jenes Ferment, durch welches die eigenthümlichen Lebensvorgänge nach der Fermenthypothese vermittelt werden sollen, nicht von den Vertretern der letzteren isolirt worden. Es bleibt daher nur übrig, das Verhalten bekannter Fermente bestimmten Stoffen gegenüber zu studiren, und ein derartiges Vorgehen erscheint umsomehr berechtigt, als die Fermente überhaupt in vieler Hinsicht übereinstimmende Eigenschaften besitzen und sich bekanntlich gewissen Substanzen gegenüber gleichartig verhalten. Ich wählte die Diastase als Untersuchungsobject.

Meine neueren, erweiterten Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Körper auf Fermente einer- und Pflanzenzellen andererseits haben im Allgemeinen zu denselben Resultaten geführt, wie jene Arbeiten, über deren Ergebnisse ich schon in der in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern publicirten Abhandlung berichtete. Im Einzelnen sind allerdings zwischen den Resultaten der früheren und neueren Beobachtungen Abweichungen zu erkennen, was aber erklärlich wird, wenn man bedenkt, daß ja mit verschiedenem Material (Diastaselösungen, Pflanzenzellen etc.) experimentirt werden mußte. Ich glaube überdies, daß, meinen neueren Untersuchungen gegenüber, gewisse Bedenken nicht mehr erhoben werden können, die man mit Bezug auf die früheren Beobachtungen vielleicht geltend zu machen berechtigt war.

I. *Versuche über den Einfluß der Phosphorsäure auf Fermente und Pflanzenzellen.*

Versuch I.

25 ccm 1 procentigen Stärkekleisters wurden mit 5 ccm Malzextract versetzt (a). Zu 30 ccm einer auf dieselbe Weise hergestellten Flüssig-

keit wurde mit Hülfe eines Glasstabes eine Spur verdünnter Phosphorsäure gebracht (b). Temperatur 19,5° C. Beginn des Versuchs 3 U. 15 M. Proben der Flüssigkeiten zeigten zu den nachstehend angegebenen Zeiten die folgenden Farbenerscheinungen auf Jodzusatz:

	a.	b.
3 U. 19 M.	blau	violett
3 » 21 »	violett	dunkelroth
3 » 26 »	dunkelroth	gelbroth.

Sehr kleine Phosphorsäuremengen wirken also erheblich beschleunigend auf den Proceß der Stärkeumbildung durch Diastase ein; sie verhalten sich also ebenso wie sehr kleine Citronen- und Salzsäurequantitäten, für welche ich an anderer Stelle nachgewiesen habe, daß dieselben gleichfalls auf die Stärkeumbildung durch Diastase einen günstigen Einfluß ausüben.

Versuch II.

Werden Gemische von Stärkekleister und Malzextract mit etwas größeren, obgleich noch immer relativ kleinen Phosphorsäurequantitäten versetzt, so erfährt der Proceß der Stärkeumbildung eine erhebliche Verzögerung. Noch größere Phosphorsäurequantitäten heben die Fähigkeit der Diastase, wie dies die folgenden Angaben deutlich zeigen werden, stärkeumbildend zu wirken, vollkommen auf. Sie verhalten sich ebenso wie einigermaßen erhebliche Mengen anderer Säuren (Salzsäure, Citronensäure, Oxalsäure etc.), während dagegen die Kohlensäure, wie ich fand, (landwirthschaftl. Jahrbücher B. X), mag dieselbe auch in noch so großen Mengen mit dem Gemisch von Kleister und Diastaselösung in Contact gelangen, stets fördernd auf den Verlauf der Stärkeumbildung einwirkt[1]).

Versuch III.

Ich habe eine große Reihe von Versuchen ausgeführt, um die nachtheilige Wirkung größerer Phosphorsäuremengen auf den Stärkeumbildungsproceß zu constatiren, da es für meine Zwecke besonders wichtig war, nach dieser Richtung hin zu unzweifelhaft feststehenden Resultaten zu gelangen. Es wurden stets 25 ccm 1 procentigen Stärkekleisters mit 5 ccm

[1]) Ueber die physiologische Bedeutung der Thatsache, daß kleine Säuremengen die Stärkeumbildung begünstigen, habe ich mich in den landwirthschaftl. Jahrbüchern Bd. X. S. 762 spezieller ausgesprochen.



Wasser, 5 ccm einer verdünnten Phosphorsäure und 5 ccm Diastaselösung (hergestellt durch Behandlung von 1 Theil Malz mit 4 Theilen Wasser) versetzt. Zur Gewinnung der verdünnten Phosphorsäure wurden 100 ccm Wasser mit 5,5—5,7 g Phosphorsäure der Apotheken versetzt. Diese Phosphorsäure ist 20procentig; mithin waren in den 40 ccm der Versuchsflüssigkeit nahezu 0,14 % Phosphorsäure vorhanden. Stärkeumbildung trat niemals ein. Die Flüssigkeit färbte sich selbst nach Verlauf von drei Tagen auf Jodzusatz noch blau. Wurden dagegen 25 ccm Kleister mit 10 ccm Wasser und 5 ccm Diastaselösung versetzt, so war die Flüssigkeit nach Verlauf weniger Minuten vollkommen klar und ließ alsbald keine Jodreaction mehr erkennen.

Versuch IV.

25 ccm Stärkekleister wurden mit 10 ccm Wasser und 5 ccm der verdünnten Phosphorsäure versetzt. Nach Verlauf von 3 Tagen färbte sich die Flüssigkeit auf Jodzusatz blau. Ein kleines Quantum der amylumhaltigen Flüssigkeit wurde mit ziemlich viel Wasser verdünnt und Diastaselösung hinzugefügt. Es erfolgte schnell zu Stande kommende Stärkeumbildung, Beweis genug dafür, daß das Amylum durch die Phosphorsäure nicht in einen Zustand versetzt wird, der die Einwirkung der Diastase auf das erstere unter geeigneten Umständen unmöglich macht.

Versuch V.

30 ccm Wasser wurden mit 5 ccm verdünnter Phosphorsäure und 5 ccm Diastaselösung versetzt, so daß die Flüssigkeit, ebenso wie diejenige im Versuch III und IV, nahezu 0,14 % Phosphorsäure enthielt. Eine entweder sehr bald oder nach Verlauf von 3 Tagen mit hinreichenden Wassermengen verdünnte Probe der Flüssigkeit war nicht mehr im Stande, stärkeumbildend zu wirken. Die Anwesenheit relativ kleiner Phosphorsäuremengen zerstört also die Diastase, so daß das Ferment seine stärkeumbildende Fähigkeit selbst unter sonst günstigen Umständen nicht mehr zur Geltung zu bringen vermag.

Versuch VI.

Es wurden 50 Samen von Pisum sativum in 0,7procentiger Phosphorsäure, die also 3,5 % der Phosphorsäure der Apotheken enthielt, eingequollen. Die Samen blieben nach dem Quellen fernerhin auf flachen

Glasschalen mit 0,7procentiger Phosphorsäure in Contact[1]). Eine Keimung der Samen trat selbst nach Verlauf längerer Zeit nicht ein. Die Samen gingen zu Grunde und gaben an die Flüssigkeit erhebliche Mengen organischer Substanzen ab, so daß diese sich mehr und mehr färbte.

Versuch VII.

Je 50 Samen von Pisum sativum wurden zum Quellen 18 Stunden lang mit etwa 35 ccm folgender Flüssigkeit in Berührnng gebracht:

Zusammensetzung der Flüssigkeiten:

a. Wasser;

b. 90 ccm Wasser + 15 ccm verdünnter Phosphorsäure;

c. 75 » » + 15 » » » + 15 ccm Diastaselösung;

d. 75 % Stärkekleister + 15 ccm verdünnter Phosphorsäure + 15 ccm Diastaselösung.

Die verdünnte Phosphorsäurelösung war, wie diejenige, welche bei der Ausführung des Versuchs III benutzt worden war, durch Zusatz von 5,5 bis 5,7 g Phosphorsäure der Apotheken zu 100 ccm Wasser hergestellt worden. Die Flüssigkeiten b, c und d enthielten daher nahezu 0,16 % Phosphorsäure. Der benutzte Stärkekleister war 1procentig, die Diastaselösung war durch Behandlung von 1 Theil Malz mit 4 Theilen Wasser hergestellt worden.

Nach dem Quellen wurden die Samen auf flache Glasschalen mit neuen Mengen der Flüssigkeiten in Contact gebracht und nach Verlauf von 24 Stunden wurden den Untersuchungsobjecten abermals nach Beseitigung der alten, neue Flüssigkeitsquantitäten dargeboten. Die oft wiederholten und häufig zugleich mit solchen Versuchen, wie sie unter III beschrieben sind, angestellten Beobachtungen ergaben übereinstimmend, daß die Samen von a normal keimten. Die Samen von b, c und d keimten zwar auch, aber ihre Keimfähigkeit war nich unwesentlich herabgedrückt. Die Wurzeln der keimenden Samen von b, c und d entwickelten sich auch nicht so schnell wie diejenigen der keimenden Samen von a.

[1]) Bei der Ausführung dieses sowie der folgenden Versuche war die Oberfläche der Samen auf den flachen Schalen natürlich nur zum kleineren Theil mit Flüssigkeit bedeckt, so daß kein Sauerstoffmangel eintreten konnte. Es ist ferner zweckmäßig, den gequollenen Samen derartig auf die flachen Schalen zu legen, daß diejenige Stelle der Samen, an welcher das Würzelchen sich befindet, nach aufwärts gerichtet ist.



Stärkeumbildung fand in der Flüssigkeit d niemals statt. Die mit den Samen in Berührung gewesenen Flüssigkeitsmengen färbten sich auf Jodzusatz stets blau.

II. Versuche über den Einfluß des Chloroforms auf Fermente und Pflanzenzellen.

Versuch I.

Stärkekleister wurde mit einer erheblichen Chloroformmenge versetzt und alsdann dem Gemisch Diastaselösung hinzugefügt. Es erfolgte alsbald Stärkeumbildung.

Versuch II.

Stärkekleister, der 14 Stunden lang unter häufigem Umschütteln der Flüssigkeit in Berührung mit erheblichen Chloroformmengen verweilt hatte, wurde mit Diastaselösung versetzt. Es erfolgte alsbald Stärkeumbildung.

Versuch III.

Diastaselösung, die sich 14 Stunden lang unter häufigem Umschütteln der Flüssigkeit mit erheblichen Chloroformmengen in Berührung befunden hatte, war noch im Stande, stärkeumbildend zu wirken.

Versuch IV.

Gequollene Samen von Pisum sativum wurden 14 Stunden lang auf flachen Schalen mit Wasser und erheblichen Chloroformmengen in Contact belassen. Nach Verlauf dieser Zeit gelangten die Samen auf flachen Schalen allein mit Wasser in Berührung. Die Untersuchungsobjecte keimten niemals und gingen schließlich zu Grunde.

Versuch V.

Gequollene Samen von Pisum sativum verweilten unter Glasglocken auf flachen Schalen mit Wasser in Berührung. Neben den Samen stand ein mit Chloroform angefülltes Gläschen. Wurden die Versuche bei niederer Temperatur (13,0° C.) angestellt, so keimten einige Samenindividuen langsam. Bei höherer Temperatur 18° C. gingen die Samen aber stets sämmtlich zu Grunde.

Versuch VI.

Gequollene Früchte von Triticum vulgare verweilten 24 Stunden lang auf feuchten Bimssteinplatten unter Glasglocken in Contact mit chloroformdampfreicher Luft. Nach Verlauf der angegebenen Zeit wur-

den die Untersuchungsobjecte normalen Keimungsbedingungen ausgesetzt. Die Entwickelung des Embryo erfolgte alsbald.

Versuch VII.

Die Wurzeln unter normalen Verhältnissen zur Entwickelung gebrachter Erbsenkeimpflanzen zeigten in Contact mit chloroformhaltiger Luft nur selten, nämlich nur bei niederer Temperatur, ein schwaches Wachsthum. Unter dem Einfluß höherer Temperatur wuchsen die Keimwurzeln nicht weiter, wenn sie den angegebenen Bedingungen ausgesetzt wurden.

Versuch VIII.

Die Plumula junger Keimpflanzen von Triticum vulgare ist unter geeigneten Umständen befähigt, sehr lebhafte geotropische sowie heliotropische Krümmungen auszuführen. Befinden sich die Keimpflanzen in Contact mit hinreichend chloroformreicher Luft, so treten solche Wachsthumskrümmungen niemals ein. Chloroformgegenwart verhindert auch das Zustandekommen des Ergrünens der Plumula im Dunkeln erwachsener Weizenkeimlinge am Licht.

Fassen wir zunächst die Resultate der Untersuchungen über den Einfluß des Chloroforms auf Fermente einerseits und auf Pflanzenzellen andererseits in's Auge, so ist mit Bestimmtheit zu behaupten, daß das Chloroform die stärkeumbildende Fähigkeit der Diastase nicht aufhebt, wie dies namentlich der Versuch III zeigt. Dagegen beeinträchtigt das Chloroform die Lebensthätigkeit der Pflanzenzellen auf jeden Fall oder tödtet dieselben gar. Relativ widerstandsfähig der Wirkung des Chloroforms gegenüber sind zumal gequollene Samen, deren Embryo noch nicht entwickelt ist (vergl. Versuch V und VI). Aber es können auch die Wurzeln von Keimpflanzen unter Umständen bei Gegenwart nicht zu großer Chloroformmengen (d. h. bei niederer Temperatur, welche eine übermäßig starke Verdunstung des Chloroforms nicht zuläßt) noch ein schwaches Wachsthum erfahren[1]). Ist die Temperatur bei der Ausführung der Beobachtungen ziemlich hoch (etwa 18° C.), verdunstet in Folge

[1]) Bei meinen früheren Versuchen über den Einfluß des Chloroforms auf Keimpflanzen (vergl. landwirthschaftl. Jahrbücher Bd. XI. Heft 2) fand ich stets, daß die chloroformirten Untersuchungsobjecte gar nicht mehr wuchsen. Die Versuche wurden aber auch bei relativ hohen Temperaturen durchgeführt.



dessen in der Zeiteinheit viel Chloroform, und gelangen die Untersuchungsobjecte daher mit reichlichen Chloroformmengen in Contact, so wird das Wachsthum der Zellen vollkommen sistirt. Mit dem Erlöschen der Wachsthumsfähigkeit der Zellen durch Chloroformeinwirkung braucht aber keineswegs immer ein Absterben derselben Hand in Hand zu gehen, und so fand ich auch (vergl. meine in der letzten Anmerkung citirte Abhandlung), daß chloroformirte Keimpflanzen, die wohl gewiß nicht mehr wuchsen, noch lebhaft athmeten. Ueberhaupt verhält sich das Protoplasma der Pflanzenzellen nicht zu energischer Chloroformwirkung gegenüber merkwürdig widerstandsfähig, und selbst die durch Chloroformeinwirkung aufgehobene Protoplasmabewegung in den Zellen kann, wenn das Gift seinen Einfluß nicht zu lange Zeit hindurch auf dieselben geltend gemacht hatte, durch Entfernung des Chloroforms wieder hervorgerufen werden[1]).

Wirken aber beträchtlichere Chloroformquantitäten zumal längere Zeit auf Pflanzenzellen ein, so gehen dieselben unfehlbar zu Grunde, während ganz entsprechende Chloroformmengen, was für unsere Zwecke besonders beachtenswerth erscheint, die Wirksamkeit der Fermente nicht aufheben.

Was die Einwirkung der Phosphorsäure auf Fermente einerseits und Pflanzenzellen andererseits anbelangt, so unterliegt es nach den im Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungsresultaten keinem Zweifel, daß solche Quantitäten derselben, welche die Wirksamkeit der Diastase aufheben, die Pflanzenzellen noch nicht tödten. Ja es ist sogar zu bemerken, daß die zu den Untersuchungen benutzten Samen von Pisum sich mit Bezug auf die Phosphorsäurewirkung ungünstigeren Umständen als die Diastase ausgesetzt befanden. Während nämlich 5 ccm Diastaselösung mit 25 ccm Stärkekleister, 5 ccm Wasser und 5 ccm verdünnter Phosphorsäure in Berührung gebracht wurden, befanden sich die Samen mit 25 ccm Stärkekleister, 5 ccm Fermentflüssigkeit und 5 ccm verdünnter Phosphorsäure in Contact; es fehlten bei den Versuchen mit den Samen die 5 ccm Wasser, so daß also die Flüssigkeit, in der die Keimung erfolgte, procentisch mehr Phosphorsäure als diejenige enthielt, welche speziell zu den Versuchen über die Einwirkung der Säure auf das Ferment diente. Allerdings ist zu betonen, daß die lufttrockenen Samen ja selbst etwas Wasser enthalten,

[1]) Vergl. die Zusammenstellungen in *Hermann's* Handbuch der Physiologie. Bd. I. 1. Th. S. 363.



aber diese Wassermenge ist keine erhebliche. 50 Samen von Pisum wogen im lufttrockenen Zustande im Mittel 7,5 g; der Wassergehalt der Samen ist etwa 15 %, so daß dieselben also höchstens eine Wasserquantität zu liefern vermögen, die dem Volumen nach etwas mehr als 1 ccm beträgt.

Daß die Phosphorsäure wirklich in die Zellen der keimenden Samen einzudringen vermag, erscheint mir unzweifelhaft. In Contact mit gewissen Phosphorsäuremengen (vergl. Versuch VI) keimen die Samen nicht, aber auch solche Phosphorsäurequantitäten, welche die Wirksamkeit des Ferments aufheben, die Keimung hingegen nicht völlig sistiren, beeinträchtigen doch die Keimfähigkeit sowie die Wachsthumsgeschwindigkeit der Zellen des Embryo in nicht unwesentlicher Weise, Beweis genug dafür, daß die Säure in die Zellen eingedrungen sein muß. Dem Bedenken, daß die Phosphorsäure seitens gewisser Inhaltsstoffe der Pflanzenzellen chemisch gebunden werde, habe ich schon auf Seite 740 meiner im X. Bande der landwirthschaftlichen Jahrbücher veröffentlichten Abhandlung Beachtung gewidmet und meine hier noch einmal mit besonderem Nachdruck betonen zu müssen, daß ich die keimenden Samen bei der Ausführung meiner neueren Versuche mehrfach mit neuen Quantitäten der phosphorsäurehaltigen Flüssigkeiten in Contact brachte. Wenn wirklich während der ersten Versuchsperiode ein Theil der Phosphorsäure durch chemische Bindung seitens gewisser Samenbestandtheile unwirksam gemacht worden war, so müssen sich die keimenden Samen doch fernerhin mit einer Flüssigkeit in Berührung befunden haben, die thatsächlich die angegebenen Quantitäten freier Phosphorsäure enthielt.

Nach alledem existiren wirklich Substanzen, welche die Wirksamkeit der Fermente nicht aufheben, die Pflanzenzellen aber tödten (größere Chloroformmengen) und andererseits solche, welche die Wirksamkeit der Fermente aufheben, die Lebensfähigkeit der Pflanzenzellen aber nicht völlig vernichten (verdünnte Phosphorsäure). Ich lege namentlich auf diese letztere Thatsache ein besonderes Gewicht und meine, daß durch dieselbe die Unhaltbarkeit der Fermenthypothese als Ausgangspunkt zur Erklärung der Grundursachen des Lebensprocesses dargethan ist. Der Werth der Dissociationshypothese scheint mir dagegen durch meine Untersuchungen ein wesentlich größerer geworden zu sein.

Ich unterschätze den Umfang der Schwierigkeiten keineswegs, welche dem Physiologen, der sich mit den hier in Rede stehenden Fragen be-

schäftigt, auf Schritt und Tritt entgegentreten, aber ich bin andererseits der festen Ueberzeugung, daß es mit Hülfe der Dissociationshypothese gelingt, die mannigfaltigsten Phänomene des Pflanzenlebens unter einheitliche Gesichtspunkte zu bringen, daß dieselbe den Ausgangspunkt für unendlich viele Fragestellungen im Interesse physiologischer Forschung bietet, und daß durch sie ein helles Licht auf viele Phänome des Pflanzenlebens geworfen wird, die seither völlig unverständlich waren. Ich habe bereits in meinen citirten Schriften den Werth der Dissociationshypothese nach diesen Richtungen hin beleuchtet und möchte hier zur Vervollständigung an anderer Stelle publicirter Bemerkungen nur noch Einiges hinzufügen.

Vom Standpunkte der Dissociationshypothese aus nehme ich an, daß sich die Atome der physiologischen Elemente des Protoplasma sämmtlicher lebensthätiger Pflanzenzellen unter allen Umständen in einem Zustande lebhafter intramolekularer Bewegung befinden. Es ist für die Atome ein labiler Gleichgewichtszustand charakteristisch, und dieselben sind bestrebt, einen neuen, aber stabileren Gleichgewichtszustand anzunehmen. Der Dissociationsproceß wird vollzogen, indem sich gewisse Atome zur Bildung von Säureamiden und Amidosäuren, andere zur Bildung einer stickstofffreien Atomgruppe, welche den Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in dem nämlichen Verhältniß enthält, in welchem diese Elemente im Traubenzucker vorhanden sind, vereinigen[1]). Neben den erwähnten Dissociationsproducten können noch anderweitige Körper entstehen, die uns hier aber nicht spezieller interessiren.

Die Atome der stickstofffreien Atomgruppe haben übrigens den angestrebten stabilen Gleichgewichtszustand nach ihrer Trennung von den stickstoffhaltigen Atomgruppen noch nicht völlig erreicht; sie unterhalten noch immer eine lebhafte Bewegung und vereinigen sich in Folge dessen in der That unter bestimmten Umständen, die wir weiter unten kennen lernen werden, zur Bildung wohl charakterisirter Verbindungen. Unter gewöhnlichen Verhältnissen, wenn die Pflanzenzellen sich nämlich mit erheblichen Mengen atmosphärischer Luft in Contact befinden, kommt die Dissociation der Atome der stickstofffreien Atomengruppen aber nicht

[1]) Eine speziellere Begründung dieser Anschauungen findet sich in meinen citirten Schriften.

zu Stande, weil der Sauerstoff in die Processe, welche sich in den Pflanzenzellen abspielen, eingreift. Derselbe wirkt oxydirend auf die Atome der stickstofffreien Dissociationsproducte der physiologischen Elemente ein. Es kommt auf diesem Wege die normale Athmung der Pflanzenzellen zu Stande, als deren Producte vor allem Kohlensäure sowie Wasser anzusehen sind. Ueberdies wird ein kohlenstoff-, wasserstoff- und sauerstoffhaltiger Körper gebildet, der in den Zellen verbleibt und für die Zwecke des Wachsthums derselben Verwendung findet.

Es unterliegt heute keinem Zweifel mehr, daß nur in den lebensthätigen Pflanzenzellen die Dissociationsprocesse zur Geltung kommen können, und daß nur sie zu athmen befähigt sind. Mit Bezug auf den letzteren Punkt habe ich eine Reihe von Untersuchungen angestellt, die zu dem Resultate führten, daß getödtete Pflanzenzellen keine Kohlensäure zu erzeugen vermögen. Laubblätter, Blüthen und Keimpflanzen, die im frischen Zustande in einen geeigneten Respirationsapparat gelangten, athmeten, wenn ein Luftstrom über die Untersuchungsobjecte hingeleitet wurde, lebhaft, während das nämliche Beobachtungsmaterial nach dem Tödten (durch Erwärmen bis auf 70—80° C.) keine Kohlensäure mehr ausgab[1]).

Aber auch solche Zellen, die nicht lebensthätig, wohl aber lebensfähig sind, athmen nicht. Die Zellen der lufttrocknen Samen z. B. hauchen keine nachweisbaren Kohlensäuremengen aus; die Athmung beginnt erst, wenn die Samen mit Wasser in Contact gerathen, und dieses von den Zellen aufgenommen wird. In dem Maße, in welchem in Folge dessen die Lebensthätigkeit der Zellen angeregt wird, steigt auch die Athmungsenergie der Untersuchungsobjecte, und so fand ich z. B., daß 30 Keimpflanzen von Pisum sativum, die sich im Dunkeln bei etwa 16° C. ausbildeten, im Laufe ihrer Entwickelung die in der folgenden Tabelle angegebenen Kohlensäuremengen erzeugten. Die Samen waren am 29. November in Wasser eingequollen. Nach 24 Stunden gelangten sie auf flachen Glasschalen mit Wasser in Contact, und am 1. December wurde der erste Respirationsversuch angestellt[2]).

[1]) Vergl. *Detmer*, landwirthschaftl. Jahrbücher Bd. XI. Heft 2. Der Apparat, welcher zur Ausführung der erwähnten, sowie der noch folgenden Respirationsversuche diente, gestattete es, die Kohlensäure bis auf 0,0005—0,001 gr genau zu bestimmen.

[2]) Nach Vollendung eines jeden Respirationsversuchs gelangten die Keimpflanzen wieder auf den flachen Glasschalen mit Wasser in Contact.



Kohlensäureproduction von 30 Keimpflanzen.

Bemerkung: Jeder Respirationsversuch wurde 3 Stunden lang bei 16° C. fortgeführt.

Am	1. Dezember	. . . .	0,0015 g
»	3. »	. . . .	0,0055 »
»	5. »	. . . .	0,0095 »
»	9. »	. . . .	0,0095 »
»	11. »	. . . .	0,0095 »[1]).

Soll der Lebensproceß der Zellen nach erfolgter Dissociation der physiologischen Elemente und nach stattgehabter Oxydation der stickstofffreien Dissociationsproducte derselben weiter fortschreiten, so muß eine Regeneration physiologischer Elemente zu Stande kommen. Wir wissen in der That, daß die durch Dissociation entstandenen Säureamide sowie Amidosäuren unter Beihülfe stickstofffreier Körper auf's Neue zur Bildung lebendiger Eiweißmoleküle Verwendung finden können, und somit erhellt, daß der Vorrath der Zellen an stickstofffreien Körpern, trotzdem dieselben meiner Auffassung nach nicht direct verathmet werden, von höchster Bedeutung für das Leben der Zellen sein muß. Die Amylum- und Dextrinmengen, welche in den Kreis des pflanzlichen Stoffwechsels hineingezogen werden, unterliegen übrigens, wie dies vor Allem das Verhalten der Stärke deutlich erkennen läßt, bevor dieselben sich mit Säureamiden und Amidosäuren zur Bildung neuer physiologischer Elemente vereinigen, gewissen Processen der Stoffmetamorphose. Das Amylum wird z. B. zunächst unter Vermittelung des in den Pflanzenzellen so verbreiteten diastatischen Fermentes umgebildet, und erst die Umwandlungsproducte der Stärke sind im Stande, sich mit den stickstoffhaltigen Zersetzungsproducten der physiologischen Elemente des Plasma abermals zur Bildung neuer lebendiger Eiweißmoleküle zu associiren[2]). Im Ganzen

[1]) Mit speziellen Untersuchungen über den Verlauf der Athmung keimender Samen und über die Beziehungen zwischen der Athmung und dem Wachsthum bin ich noch beschäftigt.

[2]) Wird die Wirkung der in Pflanzenzellen vorhandenen Diastase auf das Amylum unmöglich gemacht, wie es z. B. in unseren Keimungsversuchen bei Gegenwart von Phosphorsäure der Fall war, so können die Lebensäußerungen der Zellen (Dissociation der physiologischen Elemente des Plasma, Athmung, Wachsthum) nur so lange fortschreiten, wie dies der einmal vorhandene Vorrath an lebendigen Eiweißmolekülen, sowie der eventuell vorhandene Vorrath an solchen Stoffen gestattet, die ohne Weiteres zur Regeneration physiologischer Elemente Verwendung finden können.

und Großen findet also einerseits ein fortdauernder Zerfall, andererseits eine fortdauernde Neubildung physiologischer Elemente im Protoplasma statt, und es ist nach dem Gesagten klar, daß der Proceß der Eiweißregeneration in den Zellen in hohem Grade abhängig von der Menge der in den Pflanzen vorhandenen stickstofffreien Verbindungen sein muß.

Wenn ein chlorophyllhaltiger Pflanzentheil unter normalen Vegetationsbedingungen lebhafte assimilatorische Thätigkeit geltend macht, so erfolgt in der Regel keine Anhäufung stickstoffhaltiger Dissociationsproducte (Säureamide und Amidosäuren) der physiologischen Elemente in den Zellen. Die Eiweißregeneration kann vielmehr in ausgedehntem Maße auf Kosten der Assimilationsproducte zu Stande kommen. Ganz ähnlich gestalten sich die Verhältnisse bei der Entwickelung solcher Pflanzentheile, denen erhebliche Mengen stickstofffreier Reservestoffe zur Disposition stehen. Wenn hingegen die assimilatorische Thätigkeit eines grünen Pflanzentheiles behindert wird, oder wenn einem Pflanzentheil überhaupt nur kleine Quantitäten stickstofffreier Substanzen zur Verfügung stehen, so wird alsbald nicht mehr die Gesammtquantität der stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte der physiologischen Elemente zur Proteïnstoffregeneration Verwendung finden können. Die Säureamide und Amidosäuren häufen sich in den Pflanzenzellen an, und überdies sinkt natürlich zugleich die Athmungsenergie dieser letzteren, indem dieselbe ja in genauester Beziehung zu dem Verhalten der physiologischen Elemente des Plasma steht. Eine solche Depression der Athmungsenergie der Pflanzentheile hat *Borodin* in der That constatiren können, wenn er grüne Pflanzentheile in's Dunkle brachte, und ich fand, daß, während 25 g frischer Blüthen von Syringa vulgaris in $1^1/_2$ Stunden bei 15^0 C. 0,012 g CO_2 ausgaben, dieselben Untersuchungsobjecte in $1^1/_2$ Stunden bei $15{,}3^0$ C. nur 0,009 g CO_2 aushauchten, wenn sie, vor Wasserverlust geschützt, 20 Stunden lang im Dunkeln verweilt hatten.

Werden die Zellen höherer Pflanzen der Einwirkung der atmosphärischen Luft entzogen, und z. B. einige Zeit lang mit Wasserstoff, Kohlensäure, oder Stickstoffoxydulgas in Berührung gebracht, so ist das Wachsthum dieser Zellen völlig ausgeschlossen. Ich habe schon an anderer Stelle (vergl. landwirthschaftliche Jahrbücher Bd. 11) über eingehendere Untersuchungen berichtet, deren Zweck es war, das Verhalten der Pflanzenzellen bei Ausschluß des freien Sauerstoffes spezieller zu er-



mitteln, und einige weitere Beobachtungen, die ich neuerdings anstellte, haben zu ganz ähnlichen Resultaten wie die früheren geführt.

Die Kohlensäure, welche man zu solchen Versuchen, wie ich dieselben hier im Sinne habe, benutzen will, stellt man am besten durch Uebergießen von Marmor mit Wasser und Salzsäure dar. Das Gas wird vor dem Auffangen in einem geeigneten, mit ausgekochtem und wieder abgekühltem destillirtem Wasser angefüllten Apparat, durch ein sehr verdünnte Kalilauge enthaltendes Gefäß geleitet, um etwa mitgerissene kleine Salzsäuremengen zu beseitigen. Zur Darstellung des Wasserstoffes übergießt man arsenfreies Zink mit verdünnter Schwefelsäure[1]). Das Gas wird, um dasselbe von eventuell vorhandenen Spuren von Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoffen zu befreien, durch eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd und über frisch ausgeglühte Holzkohle geleitet und schließlich in einem mit ausgekochtem destillirtem Waser angefüllten Gefäße aufgefangen. Mit den auf die angegebene Weise dargestellten Gasen gelangten die Samen von Pisum sativum und in anderen Versuchen die Früchte von Triticum vulgare in Berührung. Die Untersuchungsobjecte hatten, bevor dieselben in die sauerstofffreie Atmosphäre gebracht wurden, 24 Stunden lang zur Quellung in ausgekochtem und wieder abgekühltem destillirtem Wasser verweilt. Die Keimung der Untersuchungsobjecte trat natürlich niemals ein, so lange sich dieselben mit CO_2 oder H in Contact befanden. Wurden die Samen oder Früchte aber nach Verlauf einiger Zeit (z. B. nach 3 Tagen) mit atmosphärischer Luft in Berührung gebracht, so erfolgte eine nachträgliche Entwickelung des Embryo[2]). In Gasgemischen, die aus $^2/_3$ Raumtheilen atmosphärischer Luft und $^1/_3$ Raumtheil Wasserstoff bestehen, kann die Keimung erfolgen. Etiolirte Weizenkeimpflanzen ergrünten bei

---

[1]) Es ist gerathen, das Zink mit vorher verdünnter Schwefelsäure zu übergießen. Uebergießt man das Metall zunächst mit Wasser und fügt dann concentrirte Schwefelsäure hinzu, so kann sicht leicht, indem die concentrirte Säure von erheblichem spezifischem Gewicht unmittelbar mit dem Zink in Berührung gelangt, schwefelige Säure bilden, und diese kann unter dem Einfluß des sich entwickelnden Wasserstoffes zur Entstehung von Schwefelwasserstoff Veranlassung geben.

[2]) Bei der Ausführung eines Versuchs verweilten z. B. 12 gequollene Weizenfrüchte 3 Tage lang a) in Contact mit gewöhnlicher Luft, b) in Contact mit CO_2 und c) in Contact mit H. Es keimten nur die Untersuchungsobjecte von a. Diejenigen von b und c keimten erst (und zwar je 7 Körner), als dieselben nach Verlauf von 3 Tagen bei Luftzutritt normalen Keimungsbedingungen ausgesetzt wurden.

Lichtzutritt in reiner Kohlensäure, sowie reinem Wasserstoff nicht; ebenso ist das Zustandekommen sichtbarer geotropischer und heliotropischer Krümmungen bei Sauerstoffabschluß nicht möglich.

Es ist also ganz sicher, daß die Pflanzenzellen ihre Lebensfähigkeit bei Sauerstoffabschluß nicht sogleich einbüßen; die Zellen der höheren Gewächse wachsen aber im sauerstofffreien Raume nicht, und diese Thatsache wird schon erklärlich, wenn man bedenkt, daß ja unter solchen Umständen jene Substanz nicht gebildet werden kann, welche unter normalen Verhältnissen in Folge eines Oxydationsprocesses, dem die stickstofffreien Dissociationsproducte der physiologischen Elemente unterliegen, entsteht und für die Zwecke des Wachsthums Verwendung findet[1]). Die stickstofffreien Dissociationsproducte der physiologischen Elemente der Pflanzenzellen zerfallen in Folge der lebhaften Bewegung ihrer Atome bei Sauerstoffabschluß vielmehr sofort nach ihrer Entstehung weiter. Es werden dabei namentlich gewisse Alkoholmengen sowie Kohlensäure gebildet. Erneute Sauerstoffzufuhr zu den Zellen hindert den Fortgang der Alkoholbildung, sowie denjenigen der inneren Athmung und ermöglicht, wenn die Zellen nicht zu lange im sauerstofffreien Raum verweilt haben, das Zustandekommen des Wachsthums und der normalen Athmung.

Man sieht also, daß gewisse Vorgänge in den lebensthätigen Zellen unter allen Umständen, d. h. bei Sauerstoffzutritt und Abwesenheit dieses Körpers, in derselben Weise zur Geltung kommen. Die auf eine lebhafte intramolekulare Bewegung der Atome zurückzuführende Selbstzersetzung (Dissociation) der physiologischen Elemente des Protoplasma kommt unter allen Umständen zu Stande, und sie macht das Wesen des Lebensprocesses aus. Das weitere Verhalten der Dissociationsproducte selbst ist aber je nach Umständen ein verschiedenartiges.

[1]) Uebrigens sei bemerkt, daß die Zellen einiger Pilze, im Gegensatz zu den Zellen höherer Pflanzen, auch bei völligem Sauerstoffabschluß zu wachsen vermögen. Mit Bezug auf die Gährungstheorie, welche ich vom Standpunkte der Dissociationshypothese aus entwickelt habe, vergleiche meine im XII. Bande von *Pringsheim's* Jahrbüchern für wissenschaftl. Botanik publicirte Abhandlung.



Neue Litteratur.

S. Schwendener. **Ueber Bau und Mechanik der Spaltöffnungen.** Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin vom Juli 1881.

Ein weiterer Beitrag zu der vom Verf. begründeten Forschungsrichtung, welche die anatomischen Verhältnisse durch Zurückführung auf bestimmte physiologische Functionen zu erklären strebt. In diesem Sinn erörtert Verf. zunächst den Bau des Schließapparats mit Rücksicht auf die Function, um dann zu untersuchen, ob die Formverhältnisse den Anforderungen einer rationellen Construction entsprechen.

I. Die anatomischen Einrichtungen a) zur Beweglichkeit der Schließzellen. Bekanntlich wird die Oeffnung der Spalte durch eine Zunahme der Krümmung der Schließzellen herbeigeführt. Diese Bewegung setzt aber voraus, daß diese Zellen auch wirklich auf der convexen oder Rückenseite, speziell an der Stelle, wo sie mit der Epidermisaußenwand verwachsen sind, entsprechende Beweglichkeit besitzen: es ist hiefür dadurch gesorgt, daß sich beiderseits der Schließzellen verdünnte Stellen der Epidermiswand, schmale Rinnen in der dicken Außenwand bildend, befinden. Diese verdünnten Stellen gestatten eine drehende Bewegung nach Art eines Charniergelenks. Manchmal sind diese verdünnten Stellen breiter und erleiden bei Oeffnung der Spalte eine Auswärtskrümmung, bei Schluß eine Streckung. Verf. möchte diese Vorrichtung als Hautgelenk der Spaltöffnungen bezeichnen. — Bei vertiefter Lage der Schließzellen und ungewöhnlicher Dicke der Epidermisaußenwand sind die Schließzellen gleichsam aufgehängt an den Rändern der Oeffnung, welche die Außenwand der Epidermis durchsetzt, mittelst zarter Membranlamellen, welche den anstoßenden Epidermiszellen angehören. Eine ähnliche Aufhängung beobachtet man öfter auch bei eingesenkten Spaltöffnungen. — b) Zur Ermöglichung einer raschen Wasserzufuhr. Es handelt sich hier um die Beschaffenheit der Wand, welche die Schließzellen gegen die anstoßenden Epidermiszellen abgrenzt. Bei mechanisch schwach gebauten Schließzellen ist diese Wand ohnehin ihrer ganzen Ausdehnung nach dünn und leicht passirbar, bei den stärkeren ist es wenigstens ein Längsstreifen auf der Rückenseite der Schließzellen. Selbst dann, wenn das Lumen der Schließzellen im Querschnitt nur noch als enge Spalte erscheint, grenzt der Außenrand dieser Spalte an die bezeichnete, oft überaus zarte Membranlamelle. Manchmal weist auch die chemische Beschaffenheit der Wand an dieser verdünnten Stelle auf ihre Bedeutung für den Säfteverkehr hin, wenn z. B. die Wand der Schließzellen in ihrem ganzen Umfang cuticularisirt ist und nur an dieser Stelle aus gewöhnlicher Cellulose besteht. — Die auf der Bauchseite befindliche dünne Wandstelle hat eine andere, nämlich mechanische Bedeutung bei Ausführung der Bewegung. — c) Zum Eintritt der Krümmung der Schließzellen sind vor Allem die daran angebrachten Verdickungen der Membran und die Anordnung dieser Verdickungen von großer Wichtigkeit. Am gewöhnlichsten ist bei den mechanisch

schwachgebauten Epidermen mit großlumigen, in der Rückenseite zartwandigen Schließzellen das Auftreten von Verdickungsleisten auf der Bauchseite in asymmetrischer Lage zum Centrum der Schließzellen, den Widerstand dieser Seite gegen Zug bedeutend verstärkend: bei Turgorsteigerung wird sich die Rückenseite stärker verlängern und so eine Krümmung herbeiführen. — Das entgegengesetzte Extrem findet sich z. B. bei manchen derben Phyllodien und immergrünen Blättern mit schmalspaltenförmig verengten Lumina der Schließzellen und halbcylindrischen, derart symmetrisch angeordneten Verdickungsstreifen, daß gesteigerter Turgor auch keine stärkere Verlängerung der Rückenseite bewirken kann. Es scheinen solche Schließzellen eine erheblich geringere Beweglichkeit zu besitzen als im jüngeren Zustande, wo ihr Lumen noch weiter und anders geformt war. Es könnte aber immer noch eine Bewegung zu Stande kommen, nämlich eine Ausbiegung, wenn sich die Schließzellen bei Turgorsteigerung zu verlängern streben und gegen die oberseits und unterseits angrenzenden Epidermiswände mit ihren noch dazu meist sehr erweiterten Endflächen drücken. Zwischen diesen beiden Extremen finden sich die mannigfachsten Uebergänge. Manchmal ist der peripherische Theil des Spaltöffnungsapparats (Vorhof nebst Cuticularleisten) ein nahezu absolut starres Gebilde, welches beim Oeffnen und Schließen der Centralspalte ganz unbetheiligt ist, so daß die Oeffnungsbewegung nur den dem Blattinnern zugekehrten Verdickungsleisten zufällt.

II. Experimentelle Prüfung der Bewegungen des Spaltöffnungsapparats. Dieselbe ist nur an großlumigen Schließzellen angestellt. Für solche mit engem Lumen kam Verf. zu keinen abschließenden Resultaten. Es scheint, daß die Verkleinerung des Lumens eine relative, in extremen Fällen selbst vielleicht absolute Unbeweglichkeit des Apparats bewirkt. (Es giebt aber auch Schließzellen ersterer Art, welche die Spalte niemals schließen, auch nicht im spannungslosesten Zustande. Solches kommt vor bei Wasserpflanzen, wie Alisma Plantago, Calla palustris, Salvinia natans.) Zur Verfolgung der Einzelheiten der Bewegung waren Form und Dimensionen des Spaltöffnungsapparats im offenen und geschlossenen Zustande festzustellen.

a) Die Bewegungen des Schließapparats bei Amaryllis formosissima. Die Krümmung der Schließzellen ist das Entscheidende für das Spiel des Spaltöffnungsapparats. Allerdings finden außerdem noch verschiedene Veränderungen statt: bis zu einer gewissen mittleren Oeffnung der Centralspalte nimmt der Querdurchmesser des Lumens der Schließzellen zu, darüber hinaus in Folge der allmäligen Abplattung der Rückenwand und stärkeren Wölbung der Bauchwand (letzteres durch eine charnierartige Bewegung in der schon oben erwähnten dünnen Wandstelle der Bauchseite) wieder ab; die Länge des Spaltöffnungsapparats erfährt beim Uebergang in die Oeffnungsstellung keine nennenswerthe Veränderung; die Erweiterung der Vorhofspalte ist mit einer merklichen Verkürzung ihres Längsdurchmessers verbunden; senkrecht zur Blattfläche nimmt der Durchmesser der Schließzellen jedenfalls nicht ab, bei geringer Oeffnung bleibt er gleich oder nimmt ein wenig, bei stärkerer Oeffnung merklich zu u. s. w. Aus dem Zusammenhalt dieser Beobachtungen ergiebt sich eine Volumzunahme der sich krümmenden Schließzellen (als Folge gesteigerten hydrostatischen Drucks). Diese Zunahme berechnet sich zu etwa $^1/_6$, die Verlängerung der Bauchwand = 0 ge-

setzt. Außerdem ist der Ausdehnungscoëfficient der Rückenwand in der Quer- und Längsrichtung verschieden, nämlich in ersterer erheblich größer. Unter gewissen Voraussetzungen berechnet sich bei einer Membrandicke von 1 resp. 2 Mik. ein hydrostatischer Druck von 5 resp. 10 Atmosphären für Hervorrufung des beobachteten Effekts. Im Wesentlichen verhält sich die einzelne Schließzelle wie ein kurzes Stück einer Kautschukröhre mit einseitig dickerer Wand, auf welche Wasser oder Luft unter hohem Drucke wirkt. Es tritt eine Krümmung ein. Die sonstigen Formveränderungen sind untergeordnet oder irrelevant, die meisten nur die unvermeidlichen Folgen des überall gleichwirkenden Turgors und der dadurch bedingten Krümmung.

b) Aehnlich verhalten sich die Stomata vieler anderer Pflanzen mit großlumigen Schließzellen (Monocotylen, Dicotylen, Gefäßkryptogamen). Sie stimmen mit Amaryllis überein in Form und Lage der Verdickungsleisten und den sonstigen anatomischen Eigenthümlichkeiten dieser Kategorie von Schließzellen, in der Vergrößerung des Volums der Schließzellen und Steigerung der Membranspannung, dann in einigen anderen Punkten. Variabel sind die Formveränderungen der Querschnittsansicht, die Wölbung der Bauchwand, die Dimensionsänderungen senkrecht zur Blattfläche, der mehr weniger vollständige Verschluß des Vorhofs von Außen u. s. w. Einigermaßen extrem verhalten sich die Schließzellen von Tradescantia discolor und anderer Monocotylen (Liliaceen, Orchideen). Hier bleibt die Breite der einzelnen Schließzelle durch alle Stadien constant oder wird sogar mit Verengerung der Centralspalte etwas größer, während die Ausdehnung senkrecht zur Blattfläche mit dem Turgor steigt und fällt. Zum Unterschied von Amaryllis tritt Zu- und Abnahme der Wölbung der Bauchseite stark hervor (wobei die dünne Wandstelle der Bauchseite als Charnier dient), die Verengerung der Centralspalte geschieht bei geringer Oeffnung ausschließlich, bei starker zum Theil durch stärkere Vorwölbung der Bauchwand. Erst wenn ein gewisser Oeffnungsgrad überschritten wird, findet eine stärkere Krümmung der Rückenwand und somit der ganzen Schließzelle statt. — Zwischen Amaryllis und Tradescantia giebt es die mannigfachsten Uebergänge. — Schließlich erörtert Verf. noch an den Schließzellen von Helleborus die bei den Bewegungen eintretenden Formveränderungen der Querschnittsansicht, welche natürlich von der Form der Verdickungsleisten und des Lumens, dann von der Breite und Dehnbarkeit der dünnen Wandstellen abhängt.

III. Die Bedeutung der einzelnen Spaltöffnungen vom Gesichtspunkte einer rationellen Construction. Dieselbe läßt sich zur Zeit nicht völlig übersehen. So bleibt die Querschnittsform der Verdickungsleisten der Bauchseite (die Hörnchen des Querschnitts), durch welche die Hohlräume des Vor- und Hinterhofs, welche auch im geschlossenen Zustande Luft führen, gebildet werden, räthselhaft, da der Zweck des Vorhandenseins dieser Luft (in anderen Fällen wird die Einmündung der Centralspalte in einen mit ruhiger Luft erfüllten Vorraum in anderer Weise erreicht) unklar ist. Dagegen lassen sich die dem Krümmungs- und Oeffnungsmechanismus zu Grunde liegenden Prinzipien mit ziemlicher Sicherheit übersehen. So gehört die Zweizahl der Verdickungsleisten nothwendig zum Wölbungsmechanismus der Bauchwand. Der zarte Streifen dazwischen bedingt die Beweglichkeit der Bauchwand; braucht bloß eine Charnierbewegung stattzu-

finden, so kann er sehr schmal sein; muß dagegen bei Erweiterung der Spalte vor Allem der Hinterhof weiter werden, so muß er breiter sein, wie in der That zutrifft. Es giebt Spaltöffnungen, bei welchen der Vorhof bei der Bewegung gar keine Veränderung erfährt und nur der Hinterhof enger und weiter wird: Das Lumen stellt im Querschnitt ein ungleichseitiges Dreieck dar, welches bei Zunahme der Turgescenz gleichschenkelig zu werden strebt. Hiezu muß aber die dünne Stelle der Bauchwand in solchen Fällen breit genug sein. Steigt bei solchen Schließzellen der Turgor, so wird schon durch die zunächst eintretende Aenderung der Querschnittsform des Lumens die Spalte geöffnet, unter geringem Kraftaufwand; erst bei höherem Turgor tritt die durch die einseitig genäherte Lage der Verdickungsleisten bedingte Krümmung der Schließzellen ein. — Die zarte Stelle, welche durch die Zweizahl der Verdickungen der Bauchwand entsteht, hat weiter den Vortheil, daß der Verschluß der Spalte vollständiger wird; durch die Zweizahl wird das Spiel des Mechanismus regelmäßiger u. s. w. — Eine fernere vortheilhafte Einrichtung ist, daß die Verdickungsleisten gegen die Enden schwächer werden und auch an den schwächeren Enden nicht verschmelzen, da hiedurch geringerer Kraftaufwand zur Bewegung ausreicht. Zweckmäßig ist auch, daß bisweilen die Wandverdickungen der Schließzellen mit zunehmendem Alter, zumal bei mehrjähriger Dauer der Blätter, so stark werden, daß die Oeffnungsbewegung sehr erschwert und selbst unmöglich wird, ja zuweilen wird selbst die Athemhöhle durch Zellsprossungen völlig verstopft. Hier ist die Function der Spaltöffnungen zeitlich begrenzt.

IV. Aeussere Agentien, welche auf den Turgor der Schließzellen Einfluß üben. Verf. rechnet hieher bloß Licht und Wärme. Welken bei zu rascher Wasserabgabe gehöre nicht zu den Bedingungen normaler Vegetation, der Erfolg sei übereinstimmend mit der Wirkung eines beliebigen wasserentziehenden Mittels. Reiche Wasserzufuhr aber (Epidermis unter Wasser) bewirke Erscheinungen, wie sie im Leben nicht vorkommen. — Nach Beobachtungen an Amaryllis waren die Spaltöffnungen nach 1- bis 2stündiger Besonnung stets geöffnet. (Zur Beobachtung wurden kleine Epidermisstücke abgeschnitten und unter das Mikroskop [Beobachtung trocken oder unter Oel, weil bei Wasserzusatz die benachbarten Epidermiszellen rasch turgescent werden und die Schließzellen bis zum Schluß der Spalten zusammendrücken] gebracht.) Bei Pflanzen, welche einige Stunden im Dunkeln gestanden hatten, waren die Spaltöffnungen geschlossen. Auch plötzliche Abnahme der Beleuchtungsintensität hat diese Wirkung. — Wärme hat innerhalb der gewöhnlichen Temperaturschwankungen keinen Einfluß, wohl aber könnte plötzliche Abkühlung auf Null durch Verminderung des Turgors der Schließzellen Verengung der Centralspalte und umgekehrt zur Folge haben.

C. K.

S. Schwendener. **Ueber das Winden der Pflanzen.** Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin vom December 1881. 36 S. mit einer Tafel.

In der Einleitung erörtert Verf., daß die vorliegenden Untersuchungen, einschließlich jener von *de Vries,* das Problem der Mechanik des Windens nicht gelöst haben. Die zur Erklärung beigebrachten Momente erweisen sich vielmehr bei kritischer Erwägung als unhaltbar. «Wenn ich eine Lösung versuche, so glaube ich wenigstens das Wesentliche vom Unwesentlichen schärfer als bisher

geschehen getrennt und sowohl die geometrische als die mechanische Seite der Frage klarer beleuchtet zu haben.»

1. Das Ergreifen der Stütze in Folge der Nutationskrümmungen. Die Spitze der schlingenden Stengel befindet sich in revolutiver Nutation, und man beobachtet, daß hiebei dieselbe sich zeitweise stark gegen die Stütze krümmt, so zwar, daß die Endknospe an die Stütze gedrückt wird. Da gleichzeitig ein um 120—200° weiter rückwärts (am Stengel) liegender Punkt mit der Stütze in Berührung tritt resp. wenn schon vorher die Berührung bestand, in derselben verharrt, so entsteht ein doppelter Contact, die Spitze ergreift die Stütze in derselben Weise, wie wenn man mit Daumen und Zeigefinger etwa eine cylindrische Röhre anfaßt. Der greifende Bogen hat aber eine Zeit lang das Bestreben, sich noch stärker zu krümmen. Wegen des Widerstands der Stütze äußert sich der Erfolg dieser Zunahme der Spannung durch dichteres, oft vollständiges Andrücken des Bogens seiner ganzen Länge nach. In Folge dieser Spannung wird der Stengel am unteren Contactpunkt gegen die Stütze gezogen, hiebei die Aussenseite des Stengels in dieser Region verlängert, die innere verkürzt. Bei Beseitigung der Stütze würde daher das angedrückte Stück des unteren Contactpunkts sofort elastisch zurückschnellen; wegen der Stütze ist dies nicht möglich, und wie jede längere Zeit dauernde oder periodisch wiederkehrende Spannung, setzt sich auch diese wenigstens theilweise in Wachsthum um. Hiedurch wird die Krümmung zur Stütze eine dauernde, der untere Contactpunkt ist an der Stütze vorgerückt.

Fällt der greifende Bogen in die Querschnittsebene, so ist diese Krümmung die einzige bleibende Wirkung. Anders aber, wenn, wie gewöhnlich der Fall ist, die Endknospe höher liegt als der untere Contactpunkt. Der greifende Bogen verhält sich wie ein Bogen aus federndem Draht, welcher in einer gegen den Horizont geneigten Ebene befindlich, am unteren Ende befestigt ist, auf dessen oberes freies Ende eine Horizontalkraft (dem Widerstand der Stütze entsprechend) wirkt: diese Kraft wirkt krümmend und drehend, es entsteht eine der Richtung des aufsteigenden Bogens antidrome Drehung. So wenig wie die Krümmung, von der bereits die Rede war, ist diese Torsion zunächst eine bleibende, sie wird es aber aus denselben Gründen. Diese Torsion ist wohl zu unterscheiden von Torsionen aus anderen Gründen, z. B. durch den Druck der Blattstiele gegen die Stütze hervorgerufen, oder den homodromen Drehungen, welche bei Ausgleiten an der Stütze, Hinauswachsen über dieselbe u. dgl., allgemein bei Verhinderung der regelmässigen Herstellung des Contacts eintreten und in die Zeit des Nichtwindens fallen, bei regelmäßigem Winden gar nicht vorkommen. — Die erwähnten antidromen Drehungen sind aber sehr wesentlich, wenn die erwähnten bleibenden Krümmungen die ihnen zugeschriebene Bedeutung haben sollen. Im unteren Contactpunkte des greifenden Bogens tritt eine Verlängerung der Außen-, eine Verkürzung der Innenseite des Stengels ein, im oberen Contactpunkte umgekehrt. Wenn nun beim Weiterwachsen der Stengelspitze der obere Contactpunkt zum unteren des greifenden Bogens wird, also die Außenseite eine Verlängerung erleidet, so würde hier der Stengel ungefähr eben so stark nach Innen gekrümmt, wie vorher nach Außen, die zuerst erlangte bleibende Krümmung würde einfach aufgehoben und kein Vorrücken des unteren Contactpunkts erreicht.

Durch die antidrome Torsion aber ist der bleibend gewordene Theil der Krümmung am oberen Ende des greifenden Bogens in eine andere Ebene verschoben, bis er zum unteren Contactpunkte wird.

2. Das Ergreifen der Stütze unter erschwerenden Bedingungen. Durch Versuche mit frei aufgehängten Papiercylindern wird bewiesen, daß die Windung auch dann zu Stande kommt, wenn die Stütze seitlichem Druck widerstandslos nachgiebt, wenn nur Gelegenheit zur Ausführung der Greifbewegung gegeben ist.

3. Der Einfluß des Geotropismus. Die Versuche bei aufgehobener Schwerkraftswirkung ergeben (aus den Mittheilungen ist nicht ersichtlich, ob diese mit einer oder mehreren Arten angestellt sind), daß die Schwerkraft und zwar, da das Eigengewicht der Sprosse in besonderen Versuchen eliminirt wurde, ohne Aenderung der wesentlichen Verhältnisse des Windens herbeizuführen, deren geotropische Wirkung sich zu den Nutationskrümmungen addiren muß, wenn Winden zu Stande kommen soll. Die geotropische Wirkung ist aber gleichsinnig mit dem Erfolg des Greifens, die geotropische Aufkrümmung fördert die Bewegung zur Stütze, bewirkt aber auch ebenso antidrome Torsion, da die Schwerkraftswirkung auch nach Herstellung des Contacts fortdauert und hiedurch dieselben Spannungen verursacht, wie sie beim Ergreifen der Stütze in Folge der Nutationskrümmung entstehen. Die durch Geotropismus und Nutationskrümmung entstehende Torsion ist ausreichend, um eine Auswärtskrümmung in Folge der Nutation zu verhüten, besonders da auch die Reibung der Endknospe an der Oberfläche der Stütze zur Steigerung dieser Torsion beiträgt. Es ist nicht wohl möglich, in Kürze eine genügende Erläuterung des Ineinandergreifens dieser Vorgänge zu geben, und es verweist auch Verf. selbst auf genaues Verfolgen der successiven Stadien dieser Krümmungs- und Torsionsbewegungen durch geeignete Vorrichtungen.

4. Ueber den vermeintlichen Einfluß des Eigengewichts der Spitze. Dessen Wirkung rechnete *de Vries* zu den wesentlichen Bedingungen des Windens. Dasselbe setzt sich aber fort, auch wenn durch Gewichte das Eigengewicht genau contrebalancirt ist oder die Pflanze um genügend dicke Stützen windet. Im letzteren Falle bleibt die Endknospe ununterbrochen mit der Oberfläche in Contact, die durch den Druck bedingte Reibung ist groß genug, um das Eigengewicht gänzlich außer Wirkung zu setzen.

5. Der Durchmesser der Stütze und die Neigung der Windungen. Natürlich müssen gewisse Beziehungen existiren zwischen der Länge des nutationsfähigen Gipfels und der Stärke der Nutationskrümmungen einerseits und der noch zu erfassenden Dicke der Stütze andererseits: ist der greifende Bogen zu kurz, um den Contact an zwei annähernd opponirten Punkten herzustellen, so gleitet er leicht aus, indem er sich einer zu dicken Stütze gegenüber in derselben Lage befindet, wie z. B. eine Hand, welche mit Daumen und Finger ein zu dickes cylindrisches Object fassen will. Die Neigung der Windung nimmt zu, wenn die Stütze dünner wird, weil der Spielraum für die geotropische Aufwärtskrümmung alsdann größer wird. Nachträgliches Steilerwerden fertiger Windungen wurde niemals beobachtet.

6. Bestimmung der antidromen Torsion. Geometrische Untersuchung dieser Drehung mit Rücksicht auf die scheinbare Torsion, welche bei



bestimmter Stellung der Achse, um welche die Biegung stattfindet, eintritt. Es werden die Extreme geprüft, dann wird festgestellt, daß sich, was frühere Autoren stillschweigeud als gegeben betrachten, die windende Pflanze dem Extrem der Biegung um schiefe, statt quergestellte Achsen nähert, ähnlich einem Papierstreifen, der um eine kantige Stütze gewunden und über jeder Kante, dem Verlauf derselben entsprechend, gebrochen wird. In diesem Falle unterbleibt die scheinbare Drehung, alle Seitenlinien behalten ihre relative Lage zur Stütze. Wegen der Mannigfaltigkeit der einzelnen Biegungsvorgänge läßt sich aber keine genaue Berechnung der scheinbaren Torsionen durchführen; man wird indessen nicht zu weit von der Wahrheit abweichen, wenn man, wie dies bisher geschah, einen gewundenen Stengel, an welchem durchgehends die nämliche Kante auf der Außenseite der Windungen verläuft, als nicht gedreht betrachtet. Genau genommen aber ist eine schwache Drehung vorhanden, die wirkliche antidrome Torsion ist etwas kleiner, als sie beim Abmessen von der Außenseite der Windungen aus gefunden wird, weil auch die erstere scheinbare Drehung mit Bezug auf die Windungen gegenläufig ist. — Nach Beobachtungen an Calystegia dahurica erreichte die Größe der antidromen Torsion ungefähr 430 Grad pro Windung. Bei Störung in Windungen durch Ausgleiten u. s. w. entstehen homodrome Torsionen, es sind deshalb im Allgemeinen frei lebende Pflanzen für solche Messungen nicht geeignet, weil bei solchen ein Winden ohne Störungen zu den Seltenheiten gehört. Wegen der Mannigfaltigkeit der wirkenden Ursachen ist übrigens nicht zu erwarten, daß der Betrag der antidromen Torsion eine constante Größe sei. So z. B. wurden an einer Calystegia, welche sich um eine Stütze von 2,5 cm gewunden hatte, Drehungen von 700—800 Grad pro Windung beobachtet.

7. Ist vielleicht doch ein Reiz vorhanden? In Uebereinstimmung mit *Darwin* und *de Vries* konnte keine Spur einer Reizbarkeit weder durch directe Versuche nachgewiesen, noch aus einer Nachwirkungsbewegung oder dem Verhalten bei langsamer Rotation um eine horizontale Achse erschlossen werden, so daß also der Effekt allein auf die angegebenen drehenden und krümmenden mechanischen Ursachen fällt.

8. Ueber einige Fragen untergeordneter Art. Weil der Geotropismus eine Bedingung des Windens ist, vermögen die Pflanzen weder um horizontale Stützen noch an lothrechten oder geneigten Stützen von oben nach unten zu winden. Letzteres müßte aber eintreten bei mit entsprechenden Nutationskrümmungen begabten positiv geotropischen Organen und trifft vielleicht bei manchen Luftwurzeln zu. Bei mehrkantigen Stützen ansehnlicher Dicke oder Ergreifen mehrerer benachbarter Stützen u. s. w. entstehen mancherlei Unregelmäßigkeiten oder Erscheinungen, welche die klare Einsicht in die eigentliche Mechanik verhüllen könnten (und auch dazu führten, den Schwerpunkt der mechanischen Erklärung anderswohin zu verlegen). — Die Blattspirale ist von der Windungsrichtung unabhängig.

9. Wechselbeziehung zwischen Nutation und gleichsinniger Drehung. Wie erwähnt, tritt letztere in der Zeit des Nichtwindens ein, während zur Zeit des Windens, wenigstens für die Dauer des Contacts, der Widerstand der Stütze ein absolutes Hinderniß ist. Die gleichsinnige Torsion kann als Folge der Nutationsbefähigung betrachtet werden. Die convexe Seite nutirender

Stengel besitzt die größte Wachsthumsintensität, wahrscheinlich auch eine maximale Turgescenz. In der Regel bildet der nutirende Theil eine Schraubenlinie in der Windungsrichtung, hiemit ist also ein schraubenliniger Gewebestreifen mit maximalem Turgor gegeben. Dieser Streifen zeigt das größte Verlängerungsbestreben, welches in eine longitudinale und eine transversale Componente zerlegbar ist. Eine wirkliche Verlängerung ist nur möglich, indem sich der Streifen stärker gegen die Horizontale neigt, eine homodrome Torsion ausführt. Verbindet man mehrere schraubenlinig gewundene Kautschukröhren zu einem seilartigen System und versetzt eine oder zwei nebeneinander liegende unter höheren Druck, so tritt gleichfalls Torsion des ganzen Systems ein. *C. K.*

***Arthur Mayer*. Ueber die Struktur der Stärkekörner.** Botanische Zeitschr. 1881. Nr. 51 und 52. Mit einer Tafel.

Verf. ist mit der Erklärung, welche *Schimper* [1]) von der Mechanik des Wachsthums der Stärkekörner gegeben hat, unzufrieden, hält aber das Wachsthum durch Apposition für wahrscheinlich und legt auch seinen Deductionen *Schimper*'s Hypothese, die Stärkekörner seien Sphärokrystalle eines Kohlehydrats, zu Grunde. Er beobachtete, daß bei Entstehung von Sphärokrystallen, z. B. eines Zuckers, durch periodischen Wechsel in den Krystallisationsbedingungen eine Schichtenbildung hervorgerufen werden könne. Die Krystallisationscentra sind hiebei meist weniger dicht (es ist ein weniger dichter Kern vorhanden, welcher Mutterlauge, selten Luft einschließt) als die umgebenden Schichten. Aehnlich seien auch im Prinzip die Verhältnisse beim Wachsthum der Stärkekörner: schon im Jugendzustande, in den jüngsten und dichtesten Stadien ließen sich differente Schichten und ein weicher Kern nachweisen. Der periodische Wechsel in der Krystallisation werde schon von vornherein herbeigeführt in den meisten Fällen durch die Schwankungen in der Assimilation, also in der Zufuhr von Krystallisationsmaterial. Die centripetal abnehmende Dichtigkeit der Substanz des Stärkekorns sei die nothwendige Consequenz aus der zeitlich nach einander erfolgenden Ablagerung der inneren und äußeren Schichten der Sphärokrystalloide. Es finden sich nämlich in allen wachsenden Pflanzentheilen stärkelösende Fermente, welche in die Stärkekörner eindringend, deren Substanz von Innen aus zu lösen streben. «Nimmt man die successive sich bildenden Schichten als von vornherein gleich dicht an und denkt sich eine eben ausgeschiedene Schicht dann n Stunden der Wirkung des Ferments ausgesetzt, so wird sie an Dichtigkeit abnehmen, es werden z. B. m Gramm Substanz durch das Ferment herausgelöst. Lagert sich jetzt eine neue Schicht Stärke auf, so ist diese die dichteste. Wird das Stärkekorn nochmals n Stunden älter, so wird, da das Ferment das Korn durchdringt, die erste Schicht etwa 2 g Substanz verloren haben, während aus der zweiten Schicht erst m g gelöst sind u. s. w. So bleibt also immer die jüngste, äußerste Schicht die dichteste, die successive tiefer liegenden Schichten werden gemäß ihrem Alter weniger dicht sein.» Diese Schichtung bezeichnet Verf. als primäre, zum Unterschiede von der secundären, welche dadurch entsteht, daß sich auf durch Lösung von Außen angegriffene Stärkekörner neue Schichten ablagern.

Im zweiten Theil der Arbeit beschreibt Verf. das Vorkommen innerer Lösungserscheinungen an den Stärkekörnern der Rhizome einiger Iris-Arten, in deren

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. IV. S. 425 u. 254.



Zellen er auch die Stärkebildner auffand. Als «sichere Thatsachen» führt er folgende Sätze an: 1. Die Stärkebildner des Irisrhizoms gehen erst mit dem Tode der Zellen, welchen sie angehören, zu Grunde. 2. An diesen Stärkebildnern findet nicht nur die Bildung, sondern auch die Lösung der Stärkekörner statt. 3. Es findet in den Zellen sowohl innere als äußere Lösung der Stärkekörner statt. 4. Eine einfache Erklärung aller an den Stärkekörnern des Irisrhizoms beobachteten Erscheinungen gelingt nur unter der Annahme, daß die Stärkekörner durch Apposition von Substanz wachsen. Man muß aber doch sagen, daß letztere Annahme ebenso wie die Theorie des Verf. noch einer erheblicheren Begründung und allseitigeren Erörterung bedürfen, als sie Verf. in dieser Arbeit beigebracht hat, damit man ersieht, wie sich Verf. die vielen Schwierigkeiten und bei der Erklärung zu berücksichtigenden Umstände zurechtgelegt hat. Nach den gemachten Mittheilungen sprechen gegen die theoretischen Deductionen die gewichtigsten Bedenken. Es ist zu erwarten, daß Verf. in späterer eingehender Darlegung (Vorliegendes ist als vorläufige Mittheilung aus einer kurzen Monographie der Stärke bezeichnet) solchen Bedenken eine Besprechung widmen möge. *C. K.*

***E. Detlefsen.* Ueber die von Ch. Darwin behauptete Gehirnfunction der Wurzelspitzen.** Arbeiten des botan. Instit. zu Würzburg. Bd. II. Heft 4, pag. 627—647.

In einer kritischen Studie[1]) zu den Aufstellungen des bekannten Werkes Darwin's[2]) hat *Wiesner* gezeigt, daß gerade die merkwürdigsten derselben bei sich an das Nächste haltender Betrachtung in einem ganz anderen, man möchte fast sagen, weniger phantastischen Lichte erscheinen. Eine eingehende Behandlung ist speziell dem Verhalten der Wurzelspitzen, der Prüfung der einschlägigen Angaben *Darwin*'s gewidmet. Verf. weist nach, daß auch ihrer Spitze beraubte Wurzeln immer noch krümmungsfähig sein können, daher der Geotropismus überhaupt nicht von der Spitze ausgehen kann; daß auch bei den hydrotropischen Krümmungen von einer Reizübertragung keine Rede sein kann; daß einfache Berührung mit indifferenten Körpern nie Wegkrümmung verursacht. Wohl aber bewirkt Verletzung der Spitze Wegkrümmung. Diese hat *Darwin* bei seinen Versuchen kennen gelernt, aber unrichtig gedeutet. *Wiesner* schlägt für die Krümmung aus der bezeichneten Ursache den Namen *Darwin*'sche Krümmung vor.

Die auf das Verhalten der Wurzelspitze bezüglichen Mittheilungen *Darwin*'s hat auch *Detlefsen* zum Vorwurf einer kritischen Untersuchung gemacht; Verf. theilt mit, daß ihm erst nach deren Ausführung die Schrift *Wiesner*'s zugekommen sei. Mit Rücksicht auf die in den wesentlichsten Punkten mit den Ergebnissen *Wiesner*'s übereinstimmenden Resultate können wir uns kürzer fassen.

1. Reizbarkeit der Wurzelspitzen für Berührung und seitlichen Druck. Aus allen Versuchen geht hervor, daß ein auf die Wurzelspitze ausgeübter Druck nicht als Reiz auf die Spitze wirkt, auch dann nicht, wenn er seitlich angreift; vielmehr sind selbst ziemich dünne und biegsame Wurzeln im Stande, beträchtliche mechanische Widerstände zu überwinden, ohne daß eine Krümmung eintritt. Voraussetzung ist aber, daß die Wurzeln in kräftigem, gesundem Wachsthum begriffen sind. Es läßt sich entnehmen, daß die abweichenden Resultate *Darwin*'s

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. IV. S. 398—405.

[2]) Ibid. S. 395.



darauf beruhen, daß seine Versuchswurzeln welk waren. Allerdings können bei Wurzelspitzen, welche durch Hindernisse in ihrem Wachsthum gehemmt werden, Krümmungen eintreten, es sind dies aber keine Reizbewegungen. Die Krümmung tritt nur dann ein, wenn der Druck, den die Wurzelspitzen auszuhalten haben, eine bestimmte, von der Steifheit der Wurzel abhängige Grenze überschreitet; sie dauert nur so lange an, bis der sie bedingende Druck aufhört; sie ist eine durch den Druck und die damit zusammenhängende Dehnung der einen Seite und Compression der anderen bedingte Aenderung des Wachsthums derselben, was nach dem über den Einfluß von Druck und Dehnung auf wachsende Pflanzentheile Bekannten ohne Weiters verständlich ist. — Wie *Wiesner* führt Verf. die von *Darwin* bei Bedeckung einer Seite der Wurzelspitze mit einem fest anhaftenden kleinen Gegenstande beobachteten Krümmungen auf Verletzungen zurück. Interessant ist, daß schon Stückchen außerordentlich dünnen Glases, die auch ohne Klebmittel haften bleiben, solche Beschädigungen (durch Sauerstoffabschluß) und hierdurch Krümmungen hervorrufen können. Anbringen von Brandwunden eignet sich besonders zum Studium dieser Krümmungen, während bei Anwendung von Aetzmitteln die Wirkung keine momentane, auch nie sicher ist, wie weit das Gift in die Wurzel eingedrungen ist. Sind zwei gegenüberliegende Seiten einer Wurzel verletzt, so wird bei der eintretenden Krümmung immer jene Seite convex, deren Wunde eine größere Ausdehnung hat. Bei einseitiger Verwundung wird die verletzte Seite convex, so lange die Wunde sich allein auf den Vegetationspunkt und die unmittelbar angrenzenden Gewebe beschränkt, auch wenn nur die Wurzelhaube verletzt wurde. Zwischen der Haube und dem inneren Gewebe besteht eine ziemlich bedeutende Spannung, die Haube ist gedehnt, das innere Gewebe gehemmt. Einseitige Beschädigung hat einseitige Verminderung des Widerstandes für die Ausdehnung der inneren Gewebe zur Folge, hiedurch vermehrtes Längenwachsthum der ganzen, von der Haube eingeschlossenen Partie (und noch eines Stückchens oberhalb derselben). Verletzungen an unterhalb der Wurzelspitze befindlichen, aber noch von der Haube bedeckten Stellen bringen damit übereinstimmend dieselben Krümmungen hervor. Allgemein läßt sich diese Erscheinung auch bei anderen Pflanzentheilen hervorrufen, bei denen eine äußere Hautschicht durch das innere Gewebe während des Wachsthums gedehnt ist, durch Verletzung der Hautschicht.

2. Die Wirkung der Schwere auf die Wurzelspitze und die dadurch bedingte geotropische Krümmung der wachsenden Region der Wurzel. Die einschlägigen Versuche *Darwin*'s sind fehlerhaft. Auch ihrer Spitze beraubte Wurzeln können noch geotropisch sich krümmen.

3. Krümmungen der Wurzeln, hervorgerufen durch ungleichen Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung. Der ganze wachsende Theil der Wurzel wird durch ungleichen Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft veranlaßt, sich gegen die feuchte Luft zu krümmen. Auch entspitzte Wurzeln können diese Bewegung ausführen. *C. K.*

***F. W. C. Areschoug.* Der Einfluß des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbesondere auf die anatomische Struktur der Blattorgane.** Engler's Botan. Jahrbücher Bd. II, Heft 5, pag. 511—526. (Hier nach einem im J. 1880 gehaltenen Vortrag.)



Die genauen und oft wahrhaft Staunen erregenden Beziehungen der Organisation der Gewächse zu den äußeren Bedingungen ihrer Existenz, speziell zu den klimatischen Verhältnissen, sind ganz dazu angethan, das lebhafteste Bestreben zu erregen, vom Standpunkte der Anpassungstheorie eine tiefere Einsicht in diese Beziehungen zu gewinnen, umsomehr, da sich Gewinnung und Erweiterung solcher Einsicht nicht für Physiologie und Anatomie allein als fruchtbar erweist. In jüngster Zeit sind mehrfach Arbeiten veröffentlicht worden, welche sich mit einzelnen einschlägigen Abschnitten eingehend beschäftigen, darunter auch Themata, wie sie vom Verf. dieser Abhandlung ebenfalls berührt werden, ohne daß aber vom Verf. mit gleicher Ausführlichkeit in eine Detailbehandlung eingetreten wird.

Die Abhandlung beabsichtigt, einige der Veränderungen in der Organisation der Pflanzen zu schildern, welche als Schutzeinrichtungen gegen klimatische Einflüsse anzusehen sind.

Zunächst ist die Rede vom Vermögen der oberirdischen Theile von Holzpflanzen, die strengen Winter kälteren Klimas zu ertragen. Dasselbe wird zurückgeführt erstens auf die Verholzung an sich, zweitens auf den Schutz, den die bekannten Veränderungen an der Oberfläche der Rinde bieten. Speziell erklärt Verf. die collenchymatische Beschaffenheit des äußeren Rindenparenchyms als Schutzmittel gegen Kälte, da diese Lagen die Eigenschaft haben, «die Wärme nicht zu leiten». Dieselbe Function wird dem collenchymatischen Hypoderma überwinternder Blätter, wozu die Verdickung der Oberhaut kommt, dann dem collenchymatischen Grundgewebe von Knospenschuppen zugeschrieben. — Für die in der tropischen Zone so überaus häufig auftretenden Holzpflanzen ist die Verholzung nöthig zur Verleihung genügender Festigkeit, die Korkbildung zur Verminderung der Transpiration älterer Stammtheile.

Abgesehen von den Veränderungen, welche von der Verschiedenheit des Klimas in den großen geographischen Zonen hervorgerufen werden, finden sich auch innerhalb kleinerer Bezirke klimatische Verschiedenheiten, welche auf die Organisation einwirken. Verf. berücksichtigt ausschließlich die Veränderungen, welche von Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, sowie dem Wassergehalt des Bodens abhängen. Am besten ist die Organisation der Blätter den klimatischen Verhältnissen angepaßt. Es handelt sich besonders um Schutz gegen zu hohe Temperatur resp. zu starke Verdunstung, dann gegen die Kälte. Es sind namentlich die Struktur der Oberhaut, die Lage der Spaltöffnungen, die relative Mächtigkeit des Pallisadenparenchyms, die vom Klima verändert werden. Auch die Stärke und besondere Ausbildung der Behaarung ist von Wichtigkeit, öfter die Leistung der Oberhaut ausgiebig unterstützend. Dem hypodermalen Wassergewebe gewisser Pflanzen wird als Schutzmittel gegen Verdunstung dieselbe Function wie der Haarbekleidung zugeschrieben. Hiebei ist zu bemerken, daß die Schutzmittel gegen die Extreme der Temperatur vielfach die nämlichen sind, sich daher bei Gewächsen entgegengesetzten Klimas in gleicher Weise ausgebildet finden. Verf. vermuthet, daß die begrenzte Wasserverdunstung von Blättern mit mächtigem Pallisadengewebe nicht allein auf die schwache Entwickelung des Schwammparenchyms (und die Dickwandigkeit der Oberhaut) fällt, sondern auch auf die Fähigkeit des bezeichneten Gewebes, «in Folge seines Reichthums an Chlorophyll Wärme zu absorbiren und dadurch das unterliegende transpiratorische Gewebe gegen die

Wärme, die das direkte Sonnenlicht den Blättern zuführt, zu schützen». Hierauf führt auch Verf. die Umhüllung «inneren Wassergewebes» z. B. in den cylindrischen Blättern von Crassulaceen mit Pallisadenparenchym, allgemein die reiche Entwickelung desselben auch bei flachen Blättern von Pflanzen zurück, «von denen man annehmen darf, daß sie schlechte Transpirationsorgane nöthig haben. Ueberhaupt scheint dieses (d. h. das Pallisadenparenchym) das Schwammparenchym zu vertreten, wenn die Transpiration vermindert werden soll.»

Auch Stellung und Form der Blätter bilden Schutzmittel gegen die Temperaturextreme. Dazu gehört Furchung und Einrollung der Blätter z. B. vieler Gräser auf trockenen Standorten. Die anfängliche Rollung z. B. der zeitig erscheinenden Blätter von Crocus vernus wird ebenfalls als Anpassung erklärt: sie werden erst flach, wenn die Nachtfröste überstanden sind. In anderen Fällen bleibt die Spreite unentwickelt, es bilden sich Phyllodien mit noch dazu vertikaler Stellung oder die Blätter werden stielrund mit besonderem Bau u. s. w. Im Allgemeinen können die Anpassungen sehr mannigfaltig und verschieden combinirt erscheinen, je nachdem zufolge der Bildungstendenz bald dies, bald jenes Schutzmittel leichter zur Entwickelung kommt. Natürlich ist nicht zu übersehen, daß außer dem Klima auch andere äußere Verhältnisse auf die Formbildung Einfluß haben und daß neben der Anpassung auch die Erblichkeit als conservirendes Prinzip sich geltend macht. *C. K.*

E. Mer. **Des modifications de structure et de forme qu'éprouvent les racines suivant les milieux ou elles végètent.** Association franç. pour l'avancement des sciences, Congrès de Reims. 1880. 9 S.

Verf. beschreibt verschiedene Erscheinungen des Wurzelwachsthums, welche zum Theil auf der Correlation des Wachsthums der Haupt- und Seitenwurzeln, dann der Wurzelhaare beruhen und, wenn sie auch zum Theil bekannt sind, doch hier besprochen werden mögen, erstens weil, soweit es sich um Bekanntes handelt, selbes eine treffliche Illustration findet, zweitens weil das behandelte Thema für die Mechanik der Ernährung und den Vergleich des Wachsthums in Medien verschiedenen Feuchtigkeitsgehalts großes Interesse bietet.

Die Experimente sind meist mit Linsenkeimlingen angestellt. Im Wasser wächst die Hauptwurzel sehr rasch, der ältere Theil ist dicker und mit reichlichen Seitenwurzeln besetzt, welche niemals die Länge der Hauptwurzel erreichen. In mäßig feuchter Erde wird die Hauptwurzel weniger gradlinig, ihrer ganzen Ausdehnung nach dick, sie bleibt kürzer, dafür reicher sich verzweigend, die Haare entstehen reichlicher und werden länger. Oefter werden die Seitenwurzeln länger als ihre Mutterwurzel. Besonders deutlich treten diese Verschiedenheiten hervor, wenn man Linsen im Beginn der Keimung auf feuchte Erde legt und in feuchter Luft wachsen läßt. Bei der geringen Wasseraufnahme ist das Wachsthum langsam, ebenso auch das Bestreben, in den Boden einzudringen, gering. Die Wurzel schlägt keine bestimmte Richtung ein, rollt sich öfter auch aufwärts zusammen, es erscheinen reichlich Haare, näher gegen die Spitze entstehend als bei stärkerem Wachsthum u. s. w. Sobald die Spitze mit dem Boden in Berührung kommt, verlangsamt sich das Wachsthum. Es treten, wie bei aus irgend welchen anderen Gründen erfolgender Wachsthumsverminderung, hinsichtlich der Behaarung u. s. w. die schon erwähnten Verzweigungserscheinungen ein. Aehnlich ist das Verhältniß

in der Ausbildung des ganzen Verzweigungssystems in feuchterem und weniger feuchtem Boden. Die längeren, schlankeren, gradlinigeren, weniger und kürzer verzweigten Wurzeln des ersten Mediums sehen, in Wasser gebracht, weiß aus (weil weniger daran hängen bleibt), jene aus weniger feuchter Erde aber schwarz. Abgesehen von diesen äußeren Verschiedenheiten der Bewurzelung je nach dem Feuchtigkeitsgrade des Mediums zeigen sich auch Abweichungen in der Vertheilung und Verwendung des Stärkemehls: bei Verlangsamung des Wachsthums sind auch die hinteren Theile gegenüber der Spitze begünstigt, es erscheint Stärke weiter rückwärts im Rindenparenchym, im Parenchym des Centralcylinders, im Pericambium und den Epidermiszellen.

Schnelles Uebertragen von einem Medium in ein anderes bewirkt Verlangsamung des Wachsthums, wenigstens eine Zeit lang. Die Wurzeln keimender Linsen wachsen anfänglich im Wasser langsamer als in Erde, selbst wenn sie von Anfang an in Wasser tauchten. Abgesehen hievon aber müssen, wenn in Erde gewachsene Wurzeln in Wasser gebracht werden, die Nachtheile des Wechsels durch die mit der Uebertragung unausbleiblich verbundenen Verletzungen erhöht werden. Bei vorsichtigem Verfahren gelingt es, Wurzeln aus Erde in Wasser und umgekehrt zu versetzen, wobei sie in dem neuen Medium nach vorübergehender Verlangsamung weiteres Wachsthum zeigen. Bei älteren Wurzelsystemen ist natürlich die Versetzung schwerer durchzuführen, weil Beschädigungen schwerer zu vermeiden sind und die Seitenwurzeln wegen der geringeren Energie ihres Wachsthums den Schaden schwerer ausgleichen. Bringt man sie in Erde, so ist es schwerer, jedes Würzelchen gehörig mit Erde zu umgeben.

Auch der noch nicht genügend allseitig klar gelegten Beförderung der Entwickelung von Wurzeln durch die Nährstoffe im Boden widmete Verf. einige Versuche. Ein Theil der Wurzeln einer Balsamine kam in reines Wasser, der andere in mäßig feuchte Erde. Erstere wuchsen kräftiger mit dem Habitus von Wasserwurzeln, letztere aber verlängerten sich weniger, entwickelten viele Seitenwurzeln (als Folge geringeren Längenwachsthums der Hauptwurzel, sei es durch mechanische Hindernisse, sei es durch Mangel an Wasser hervorgerufen). Mit Hinblick auf solche Erfahrungen meint Verf., daß sich die Seitenwurzeln überhaupt in solchen Böden am reichsten entwickeln, welche das Wasser energisch zurückhalten und davon den Pflanzen wenig zur Verfügung stellen. «On comprend donc que les radicelles se développent surtout dans les terrains doués d'un grand pouvoir hygroscopique qui, par conséquent, retiennent l'eau avec énergie et en mettent peu à la disposition de ces organes. C'est ce qui arrive dans le terreau, de tous le sols le plus hygroscopique. Le sable étant, au contraire, celui qui l'est le moins, les racines y affectent une disposition analogue à celle qu'elles ont dans l'eau.» Verf. führt auf derartige Ursachen auch das «Aufsuchen des guten Bodens» durch die Wurzeln zurück, es sind aber diese Anschauungen gewiß nicht genügend kritisch begründet.

Erwähnenswerth ist noch folgendes, zuerst von *Emery* angestelltes Experiment. Sät man Leinsamen auf mehrere Bogen Fließpapier, welches in die Erde eines Topfs gelegt ist (auf das Papier wieder Erde), so laufen die Wurzeln auf der Oberfläche des Papiers weiter bis zum Rande desselben, dann gehen sie abwärts in die tieferen Schichten. Werden sie aber in einiger Entfernung über dem

Papier in die Erde gesät, so daß sie erst eine Erdschichte bis zum Papier zu durchwachsen haben, so durchbohren sie dasselbe. Nach Verf. ist in der That dieses Verhalten in verschiedenen Modifikationen zu beobachten. Er führt es darauf zurück, daß bei geringem anfänglichem Abstande vom Papier die Wurzel in dem im Beginn ihres Wachsthums zunächst herrschenden Stadium noch langsamerer Verlängerung auf das Papier trifft und, durch das Hinderniß noch mehr verzögert, nicht die erforderliche Kraft besitzt, während dieselbe späterhin, bei gesteigerter Energie des Wachsthums, ausreicht. *C. K.*

***E. Mer.* De la constitution et des fonctions des poils radicaux.** Association franç. pour l'avanc. d. sc., Congrès de Reims. 1880. 8 S.

Beobachtungen über die Entwickelung der Wurzelhaare, dann ihrer Modifikation, je nachdem sie in Wasser oder Erde verschiedenen Feuchtigkeits- und Lockerungsgrades oder in feuchter Luft entstehen. In Wasser sind sie öfter dünner, gradliniger, kürzer, anscheinend auch plasmareicher, dann weniger verzweigt als im Boden. In festgedrückter, mäßig feuchter Erde bleiben sie kürzer, dünner, auch werden sie stärker gedreht durch die zu überwindenden Hindernisse als in lockerem Boden, wo sie gebogener und mehr verzweigt sind als im Wasser. In einem möglichst wenig feucht gehaltenen lockeren Boden sind sie kürzer und schlanker, als wenn der Boden mäßig feucht ist; ist er sehr feucht, so bleiben sie sogar kürzer als im Wasser, manchmal selbst ganz rudimentär. In mäßig feuchtem Sand nähern sie sich in Gestalt und Dimensionen denen, welche in humoser Erde entstehen. Die reichste Entwickelung erhalten sie in feuchter Luft. Hier werden sie am längsten und meisten verzweigt. Daß sie hier die Function hätten Wasserdampf zu condensiren und zu absorbiren, ist nicht bewiesen, auch wegen der adhärirenden, die Benetzung hindernden Luftschicht nicht zu erwarten. Diese Luftschicht schützt sie zum Theil vor der Wasserabdunstung, wie Verf. daraus schließt, daß die Haare nach Beseitigung derselben durch Eintauchen in Wasser sofort vertrocknen. Diese in feuchter Luft so reichlich erscheinenden Haare scheinen keinerlei Nutzen weiter zu haben, die Wurzel scheint auch, wenn man die Haare vertrocknen läßt, keinen Schaden zu erleiden.

In Wasser entstandene Haare vertrocknen in feuchter Luft, wenn ihr Wachsthum bereits weiter vorgeschritten war. Solche, welche in feuchter Luft entstanden sind, leben in Wasser einige Zeit fort, jedoch nicht so lange, als wenn sie dort entstanden wären. Nach Versuchen mit Mais vermögen solche Haare, welche zur Zeit der Uebertragung in's Wasser noch nicht erwachsen sind, im Wasser nicht mehr weiter zu wachsen. Uebertragung von Erde oder Sand in Wasser scheint besser vertragen zu werden. In Wasser erwachsene Haare konnten nie so in Boden übertragen werden, daß sie hier weiter wuchsen, was Verf. auf unüberwindliche mechanische Schwierigkeit hinsichtlich der Vermeidung von Verletzungen und Herstellung einer innigen Berührung mit den Bodentheilchen zurückführt. *C. K.*

***F. Hildebrand.* Die Lebensdauer und Vegetationsweise der Pflanzen, ihre Ursachen und ihre Entwickelung.** *Engler*'s botan. Jahrbücher. Bd. II. Heft 1 u. 2. p. 51—134.

Ein interessantes Kapitel der Biologie und Physiologie bildet die Betrachtung der verschiedenen Lebensdauer der Pflanzen und der zu Grunde liegenden inneren



und äußeren Ursachen. Leider hat diese Betrachtung, die Durchführung einer ausgedehnten Vergleichung der Glieder des Gewächsreichs hinsichtlich ihrer Lebensdauer, ihre erheblichen Schwierigkeiten. Die Kenntnisse von der Lebenslänge sind vielfach sehr mangelhaft, nicht allein bei nur nach getrockneten Exemplaren bestimmten Pflanzen, sondern auch bei andern, hier deshalb, weil die Angaben der Lebensdauer nach Beobachtungen an kultivirten Exemplaren gemacht und unter Verhältnissen gewonnen sind, welche keinen Schluß auf die Lebensweise in der Heimat dieser Pflanzen zulassen. So z. B. werden viele als einjährig bezeichnet, wenn sie nur im ersten Jahr blühen und fruchten, während sie in ihrer Heimat ausdauern, bei uns nicht, weil sie nicht dementsprechend in der Kultur behandelt werden[1]). Schwierigkeiten anderer Art ergeben sich aus der verschiedenen Lebenslänge verschiedener Individuen derselben Art, aus der mangelhaften Befolgung der Grundsätze der Bezeichnungsweise, aus der Unbestimmtheit der Definition des Begriffs «Individuum» und aus anderen Ursachen. Vielfach dürften es sogar derartige Schwierigkeiten unmöglich machen, für eine bestimmte Spezies eine bestimmte, allgemein gültige Lebensdauer anzugeben.

Zunächst behandelt Verf. den Vergleich in Lebensdauer und Vegetationsweise ohne Rücksicht auf die systematische Zugehörigkeit der Pflanzen.

Im Großen und Ganzen haben die Monokarpischen eine kürzere Lebensdauer als die Polykarpischen. Von den ersteren liefern manche mehrere Generationen im nämlichen Jahr, andere, schlechthin und freilich im Allgemeinen nicht zutreffend, annuell genannt, schließen sich genau dem Wechsel der Jahreszeiten an, indem ihre Samen, das Produkt des einmaligen Lebenscyklus, bei uns im Winter, in anderen Klimaten in der Periode der Trockenheit in der Erde ruhen. Die Uebergänge zwischen diesen beiden Gruppen, dann der Einjährigen zu den Zweijährigen sind nicht schwer aufzufinden. Wenn in der einen Gegend die Vegetationszeit grade genügt, um eine einzelne Generation ihren Lebenslauf vollenden zu lassen, kann bei besonderen Witterungsverhältnissen oder, in anderen Gegenden, bei überhaupt entsprechendem Winter, sich sofort eine Generation an die andere schließen. Die im Herbste aufgehenden Einjährigen, welche den Winter als Keimlinge überdauern, deren Lebensdauer durch diese Vegetationsweise manchmal bedeutend verlängert wird, bilden den Uebergang zu den sog. Zweijährigen. Die letzteren gehen früh genug auf, um bereits bei Winterseintritt gehörig erstarkt zu sein und im nächsten Jahr bald zu einer starken Pflanze auswachsen zu können. Der Mangel einer scharfen Abgrenzung ergiebt sich aber von selbst aus dieser Begriffsbestimmung; es sind auch den Pflanzenzüchtern Uebergänge und Abweichungen genug bekannt oder aus dem Verhalten einzelner Arten an verschiedenen Standorten oder verschiedener Individuen derselben Art an demselben Standort zu entnehmen. — Eine besondere Gruppe der Monokarpischen bilden die langlebigen, und wenn schon bei den ersterwähnten, wenigstens in einzelnen Individuen, Uebergänge zur Vielfruchtigkeit auftreten, so gilt dies noch mehr für die langlebigen Einfruchtigen, bezüglich deren die genauere Kenntniß noch schwach ist, und von denen viele unter den Polykarpischen aufgeführt werden.

Auch bei den Polykarpischen zeigt sich ziemliche Mannigfaltigkeit. Wie es

[1]) Zahlreiche Beispiele solcher «einjähriger», aber im Gewächshaus ausdauernder Pflanzen finden sich z. B. in *Vilmorin's* Blumengärtnerei. Ref.



vorkommt, daß einzelne Individuen einfruchtiger Arten wenigstens zweimal fruchten, so finden sich umgekehrt unter den Individuen mehrmals fruchtender Spezies solche, die schon durch das erste Fruchten sich so erschöpfen, daß sie absterben. Von solchen zu den nachhaltig Polykarpischen finden sich alle Uebergänge. Bei den meisten Polykarpischen tritt das Blühen erst ein, wenn sie sich nach der Aussaat mehrere Jahre gekräftigt haben, andere aber blühen bald nach dem Aufgehen. Manche dieser Frühblüher leiten durch baldige Erschöpfung zu den Monokarpischen über, anderen aber thut diese frühe Blüthe keinen Eintrag u. s. w. — Die Länge der jährlichen Vegetationsperiode steht zu der des Alters, welches ein Pflanzenstock erreichen kann, in keiner Beziehung.

Auf Grund des oben kurz skizzirten Ueberblicks hebt Verf. hervor, daß keine der Erscheinungen unvermittelt neben der anderen steht, sondern sich Uebergangsstufen der verschiedensten Art und des verschiedensten Grades finden, nicht nur beim Vergleich verschiedener Arten, sondern auch der Individuen derselben Art. Die Behandlung dieser Uebergänge und der Bedingungen, unter denen sie auftreten, bietet aber eine Grundlage zur Gewinnung einer Erklärung der Mannigfaltigkeit der Lebenslängen und Vegetationsweisen in ihrer Entwickelung.

Die nächst sich anschließende Frage ist die, in welchem Verhältniß die verschiedene Lebensdauer und Vegetationsweise zur systematischen Verwandtschaft steht, ob in Lebensdauer und Vegetationsweise sich gleichende Pflanzen auch sonst miteinander verwandt sind.

Vergleicht man die Individuen der nämlichen Spezies, so stellt sich heraus, daß die Schwankungen bei verschiedenen Arten sehr verschieden groß sein können und daß sie theils von der allgemeinen Lebensdauer und Vegetationsweise der Individuen derselben Art, theils von inneren individuellen Anlagen abhängen. Bei längerer Lebensdauer können die Schwankungen natürlich, wenigstens absolut, größer werden. Wie bezüglich anderer Merkmale haben manche Arten besondere Neigung zu derlei Schwankungen, bei Aenderung der äußeren Verhältnisse leicht variirend, bei anderen läßt sich trotz Veränderung der Lebensverhältnisse keine solche Neigung erkennen. Vielleicht gehören die meisten Arten der ersten Gruppe an. Es können demnach die einen Arten als in Bezug auf Lebensdauer und Vegetationsweise augenblicklich fixirt betrachtet werden, während die anderen in ihren Individuen hinsichtlich dieser Punkte noch mehr weniger variiren. — Manche Spezies wachsen ohne Variation in der Lebensdauer auch bei Verschiedenheit des Klimas, Bodens u s. w. in verschiedenen Bezirken ihrer Verbreitung, andere erscheinen in der einen Gegend als zweijährig, in einem wärmeren Lande als einjährig, die Individuen mancher Arten endlich sind an demselben Orte theils ein-, theils mehrjährig.

Es giebt nicht viele Gattungen, deren Arten sämmtlich oder mit geringen Ausnahmen einjährig sind, noch weniger solche, bei denen alle Spezies zweijährig sind; ziemlich viele Gattungen dagegen enthalten nur durch ober- oder unterirdische Theile perennirende Gewächse. An Uebergängen von Gattungen mit mehr weniger gleichlanglebigen Arten zu solchen, deren einzelne Species sehr verschiedenlebig sind, fehlt es nicht. Wie bei den Spezies hinsichtlich der zugehörigen Individuen finden sich bei den Gattungen hinsichtlich der Uebereinstimmung der zugehörigen Spezies einerseits solche, die in Bezug auf Dauer und



Weise des Lebens augenblicklich fixirt sind, während andere sich noch in dieser Hinsicht in Weiterbildung befinden. Arten, deren Individuen in den bezeichneten Punkten variiren, gehören wohl alle zu Gattungen, welche gleichfalls in ihren Arten nicht eine gleichmäßige Weise und Dauer des Lebens zeigen, während umgekehrt bei Uebereinstimmung der Spezies einer artenreichen Gattung unter diesen Arten keine variirende vorkommen dürfte. Unter den Combinationen von verschiedener Lebensdauer bei den Spezies derselben Gattung sind manche selten, andere häufiger. Verwandte Lebenslängen sind am häufigsten vertreten, am seltensten die Fälle unvermittelten Uebergangs.

In den höheren Gruppen nimmt die Gleichartigkeit immer mehr ab. Familien, deren Gattungen sämmtlich aus einjährigen Spezies bestehen, giebt es nicht, wohl aber solche, deren Arten alle staudig oder holzig sind. Bei den meisten Familien zeigt sich größere oder geringere Mannigfaltigkeit der Lebensdauer und Vegetationsweise ihrer Glieder. Analog wie bei den Gattungen giebt es Familien, in denen diese oder jene Lebenslänge vorherrscht. Sind die Arten der einen Gattung verschiedenartig, so sind es gewöhnlich auch die Arten der anderen Gattungen dieser Familie.

Setzt man endlich die Klassen des Pflanzenreichs in Vergleich, so zeigt sich ein gewisser Parallelismus zwischen der vorherrschenden Lebensdauer und der Entwickelungsreihe, in der diese Abtheilungen aufgetreten sind. Bei den zuerst erschienenen Thallophyten herrscht Kurzlebigkeit und zarter Bau vor, bei den höheren Kryptogamen Langlebigkeit mit Bildung holziger Stämme oder ausdauernder Rizome. Bei den Gymnospermen verschwindet die Kurzlebigkeit ganz. Bei den Monocotylen überwiegt die Langlebigkeit, hauptsächlich als Staudenbildung. Erst bei den Dicotylen erscheinen zahlreiche Annuelle, besonders in den gemäßigten Zonen, während in den kalten und heißen Klimaten die Langlebigkeit vorherrscht.

Die Ursachen der verschiedenen Lebensdauer und Vegetationsweise. Die Erklärung der kurzen Lebensdauer einfachster, einzelliger, noch dazu in einem gleichmäßigen Element, dem Wasser, lebender Pflanzen findet Verf. in der so sehr vereinfachten Lebensweise. Höher organisirte Pflanzen dagegen bedürfen, um unter den thatsächlichen Bedingungen fortkommen zu können, der Differenzirung in verschiedenartige Organe, sie haben einen viel complizirteren Entwickelungsgang, der zum Ablauf einer viel längeren Zeit bedarf, bis endlich einmal eine Nachkommenschaft erzeugt werden kann. Mit der Verlängerung des Lebens tritt die Pflanze in Abhängigkeit von einer ganzen Reihe äußerer Einflüsse, denen zu adaptiren sie die Fähigkeit besitzen muß. Die Mannigfaltigkeit der äußeren Verhältnisse bringt es mit sich, daß, da jede Lebensdauer ihre Vor- und Nachtheile hat, eine Adaptirung bald nach dieser, bald nach jener Richtung vortheilhaft ist und sich ausbildet; es können daher sowohl aus kurzlebigen Formen langlebige wie umgekehrt aus langlebigen kurzlebige entstehen. Aenderung der Lebensdauer und Lebensweise wird außerdem auch auf den äußeren Habitus Einfluß üben und die Ausbildung bestimmter Vegetationsformen bewirken. Natürlich muß, wenn die Pflanze auf äußere Veränderungen reagiren soll, derselben eine bestimmte Fähigkeit innewohnen, nicht nur hinsichtlich der Lebensdauer, sondern auch so zu variiren, daß sie sich den neuen Lebensverhältnissen anpassen und in diesen gedeihen kann. Der spezifische Entwickelungsgang zeigt aber bei den

verschiedenen Arten große Abweichungen, weshalb eine Umwandlung in Lebensdauer und Lebensweise bei der einen Art nach dieser, bei der andern nach jener Richtung eher möglich, manchmal auch fast unmöglich wird. Die Individuen der einzelnen Arten müssen auch so abändern, daß eine verwandte Lebensdauer und Lebensweise zu Stande kommen kann. Es ist hier an die frühere oder spätere Blüthezeit einzelner Individuen gegenüber der Mehrzahl zu erinnern, in Folge dessen sich die Samenreife ändert und die äußeren Bedingungen, unter welche die neu aufgehenden Individuen kommen; an die verschiedene Fähigkeit der Individuen einer Art, höhere oder niedere Temperatur zu ertragen, an die verschiedene Keimungszeit der Samen derselben Art. Sicher können aus derlei Variationen Aenderungen der Lebensdauer in verschiedener Richtung hervorgehen.

Den äußeren Verhältnissen, welche, die Fähigkeit entsprechend zu variiren vorausgesetzt, Umwandlungen der Lebensdauer und Lebensweise bewirken könnte, widmet Verf. eingehende Besprechung. 1. Umwandlung durch klimatische Aenderungen. Besteht dieselbe in einem Sinken der Temperatur, so können verschiedene Aenderungen der Lebensdauer und Vegetationsweise, sowohl Verlängerung als Verkürzung des Lebens eintreten. Wenn in einem Klima mit gleichmäßiger Jahrestemperatur periodisches Sinken derselben während einer gewissen Jahreszeit eintritt, werden viele Pflanzen zum Ruhen gebracht werden. Sie werden die Kälte dieser Periode theils dadurch ertragen, daß sie sich mit Schutzmitteln versehen, z. B. die Knospen einhüllende Blätter ausbilden, während die sonstigen Blätter zerstört werden, wodurch aus immergrünen sommergrüne Holzgewächse entstehen; oder die oberirdischen Organe werden ganz zerstört, es bilden sich unterirdisch ausdauernde, es entstehen Stauden. Theils wird der Fortbestand durch die Samenbildung in der Zeit der höheren Temperatur gesichert sein. Eine Art, der die Fähigkeit abgeht, sich in irgend einer Weise zu accommodiren, muß aussterben. Es läßt sich plausibel machen, wie unter der bezeichneten Veränderung aus perennirenden Stauden einjährige Kräuter, aus perennirenden Frühlingsblühern perennirende Sommerblüher, aus diesen wieder Einjährige entstehen können. Ein häufiger Fall ist schon eingangs erwähnt, wenn nämlich ursprünglich langlebige Arten zwar ihre Samen ausreifen, im Winter aber selbst zu Grunde gehend sich nur mehr als Einjährige forterhalten. Die Verlängerung der Lebensdauer beim Sinken der Temperatur kann dadurch entstehen, daß annuelle Arten bei Verkürzung der Vegetationsperiode im ersten Jahr nicht genug erstarken können, um zu blühen, sondern im Winter ruhen, um erst im nächsten oder einem der folgenden Jahre zu blühen. Letzterenfalls wäre ein mehrjähriges monokarpisches Gewächs entstanden. Vermag aber die Pflanze die Winterkälte nicht auszuhalten, so werden verschiedene andere Anpassungen und Aenderungen der Lebensweise eintreten müssen, was auch zur Entstehung perennirender, polykarpischer Pflanzen führen kann. Auch die verschiedene Keimzeit der Samen einer Spezies kann Veranlassung zur Umwandlung Einjähriger in Langlebige geben. — Auch das Steigen der Temperatur kann die Lebensdauer sowohl erhöhen als verkürzen. Letzteres kann dadurch geschehen, daß die Pflanzen in der Erzeugung zahlreicher Vegetationsorgane gehindert und bald zur Fruchtbildung gebracht werden. Bei der ungenügenden Kräftigung kann sich die Beschleunigung der Blüthe in einer Erschöpfung schon durch einmaliges Blühen äußern, aus einem längerlebigen

Gewächs ein einjähriges werden. Zweijährige werden bei Wegfall einer Ruhezeit ebenfalls beschleunigt werden. Um die Verlängerung des Lebens durch erhöhte Temperatur zu erklären, beruft sich Verf. auf die Verzögerung der Keimung durch hohe Temperaturen, was eine Verschiebung der Keimzeit und dadurch der ganzen Vegetation in eine Zeit bewirken kann, wo keine sofortige Blüthe mehr möglich ist, sondern die Pflanze in eine Ruheperiode eintreten muß. Die verschiedene Keimzeit der Samen einer Art wird hier besonders zur Geltung kommen. Weiter kann höhere Temperatur Verholzung, hiedurch Verlängerung des Lebens bewirken. Der verlängernde Einfluß tritt besonders bei ausdauernden, langlebigen Gewächsen hervor, wenn die Temperatursteigerung in eine Jahreszeit fällt, wo diese Pflanzen sonst ruhen, durch die höhere Temperatur aber zu ununterbrochener Vegetation veranlaßt werden und weitere vegetative Theile entwickeln können.

Das Feuchterwerden des Klimas wirkt wahrscheinlich nur verlängernd auf die Lebensdauer und kann so aus kurzlebigen langlebige Formen machen. Trocknerwerden dagegen wirkt oft verkürzend[1]). Sturmreiches Klima ist zwar dem Bestand der Bäume nachtheilig, kann aber nach Verf. das Leben verlängern, indem dieselben, um Widerstand zu bieten, verholzen und außerdem zu starker Wurzelbildung genöthigt werden. Beide Leistungen nehmen die Kraft in erster Linie in Anspruch, wodurch die Blüthenbildung hinausgeschoben wird. Ein schwaches Gewächs wird in solchen Gegenden entweder zu einer niederen Staude oder einem Busch sich umändern müssen, oder untergehen. Schwächere Beleuchtung fördert die Ausbildung langlebiger Formen, stärkere Beleuchtung entweder ebenso durch Beförderung der Ausbildung von Dauerorganen, oder sie verkürzt das Leben, wenn sie mit trockner Hitze verbunden ist.

Das Klima insgesammt betrachtet ist entweder gleichmäßig oder periodisch wechselnd. Gleichmäßiges Klima begünstigt die Langlebigkeit und Dauer der Vegetationsorgane, periodischer Wechsel die Kurzlebigkeit, mag der Wechsel hinsichtlich der Feuchtigkeit resp. Trockenheit oder hinsichtlich der Temperatur sich vollziehen. Wird die Vegetationszeit gar zu kurz, so wird die Kurzlebigkeit wieder von Nachtheil; vielfach verschwinden unter solchen Umständen die Annuellen ganz. Es würde zu weit führen die mannigfaltigen Combinationen näher anzuführen. Die Aenderungen in Dauer und Lebensweise können sich mit oder ohne eingreifende Veränderungen des sonstigen Wesens der Pflanzen vollziehen.

2. Umwandlung durch Veränderungen des Bodens, hauptsächlich seiner physikalischen Eigenschaften. In trocknen sandigen Böden ist Blühen und Fruchten in bekannter Weise beschleunigt, was der Ausgangspunkt für die Entstehung kurzlebiger Formen aus langlebigen werden kann. Durch andersartige Accommodation ist aber das Vorkommen langlebiger Arten auf trockenen Sandböden

[1]) Verf. fügt den Beeinflussungen durch derlei äußere Einwirkungen auch die Vorstellungen bei, durch die er sich das Zustandekommen des beobachteten Effekts plausibel macht. Es ist aber klar, daß die genaue Ermittelung der thätigen Ursachen eingehende Berücksichtigung der physiologischen Litteratur und experimentelle Prüfung nothwendig macht. — Ref. möchte auch gleich hier auf das mancherlei Anregende, in den Kreis des vom Verf. Besprochenen Fallende verweisen, welches sich in einer älteren Schrift von *Fraas*, Klima und Pflanzenwelt in der Zeit, ein Beitrag zur Geschichte beider (Landshut 1847) findet. Diese Schrift verdient nicht in Vergessenheit zu gerathen.



nicht ausgeschlossen. Auf feuchten, nährreichen Böden wird das Leben verlängert und schon durch Verschiebung der Blüthezeit kann die Umbildung eines kurzlebigen Gewächses in ein langlebiges bewirkt werden. Wo Trockenheit und Feuchtigkeit des Bodens wechseln, sind lang- und kurzlebige Arten oft durcheinander gemischt. Mitunter, so bei den Ruderalpflanzen, kann die Entstehung kurzlebiger auch in feuchtem, nahrhaftem Boden begünstigt werden, wenn die reichliche Ernährung nicht bloß üppige Vegetation, sondern auch baldigste reichliche Fruchtung, hiedurch Erschöpfung und frühes Absterben hervorruft. Auch durch den Einfluß des Bodens auf die Keimzeit (je nachdem die Samen flacher liegen bleiben oder tiefer gerathen, mehr oder weniger Feuchtigkeit erhalten u. s. w.) kann die Lebensdauer beeinflußt werden.

3. Veränderung durch pflanzliche und thierische Umgebung. Das Fortbestehen von Pflanzen nebeneinander bringt mancherlei Concurrenz mit sich und erfordert verschiedene Accommodationen. Vielfach sind die Kurzlebigen sehr im Nachtheil und ist ihr Bestehen öfter unmöglich. Massenhafterer Samenertrag ist aber ein geeignetes Schutzmittel der Annuellen, es kann aber auch der Kampf mit den Langlebigen Veranlassung zur Verlängerung der Lebensdauer geben. — Die Angriffe der Thiere können sowohl verlängernd als verkürzend auf das Leben wirken, je nach den direkten Folgen der Beschädigungen. Bei den die Bestäubung vermittelnden Thieren kommt der Zusammenhang zwischen Flugzeit und Blüthezeit in Betracht; allenfallsige Aenderungen der ersteren könnten Veranlassung werden zur Veränderung der Blüthe-, hiemit der Reifezeit und, in Zusammenhang mit letzterer, zur Aenderung der Lebensdauer. — Auch die durch die Kulturbestrebungen des Menschen und deren beabsichtigte wie unbeabsichtigte Folgen bewirkten Veränderungen können die Lebensdauer beeinflussen und so die Veranlassung zur Entwickelung neuer Arten werden.

Es läßt sich nachweisen, daß in der That jene äußeren Umstände gewechselt haben und noch wechseln, welche in der oben erörterten Weise auf Lebensdauer und Lebensweise der Pflanzen einwirken können. Schon die Mittel der Samenwanderung bringen einen Theil der Individuen unter andersartige Verhältnisse, es ist aber auch das Klima an denselben Orten kein gleichbleibendes. Wenn auch die Schwankungen in der von uns zu übersehenden Zeit nur gering sind, so können sie dazu genügen, um manche Pflanzen an einem Orte untergehen und anpassungsfähigere Arten bestehen zu lassen. Natürlich waren die Veränderungen, welchen die Vegetation seit ihrem Bestehen auf der Erde ausgesetzt war, unendlich größer, wie sich aus der Geschichte der Erdrinde entnehmen läßt. Versandung durch Stürme, Versumpfung durch Ueberschwemmung u. s. w. verändert den Boden noch heutzutage und auch die Beleuchtungsverhältnisse sind im Laufe der Zeiten von dem vielleicht gleichmäßig düstern Himmel der Urzeit zu dem gegenwärtigen Zustand andere geworden. Auch durch den Wechsel der Pflanzen selbst ist an manchen Orten Veränderung des Lichts hervorgebracht worden, dann bei dem Wandern der Pflanzen Veränderung der Umgebung.

Nachweise von der Umwandlung der Lebensdauer und Vegetationsweise. Belege liefert das Verhalten der Pflanzen unter den Einflüssen der Kultur, dann das geographische Vorkommen. Die Kultur bringt durch mancherlei Eingriffe, wie künstliches Antreiben, Beschneiden, Düngen, Trocken-

halten, Saatzeit u. dgl. theils beabsichtigte Veränderungen in der Lebensdauer zu Stande, theils sind solche der Ausfluß der geänderten Lebensbedingungen überhaupt. Durch Verhinderung der Samenbildung wird öfter das Leben verlängert. Die Umwandlung der Sommer- in Wintergetreide durch Aenderung der Saatzeit ist bekannt, umgekehrt ist die Umwandlung der Winter- in Sommergetreide ein Beispiel für durch die Art der Kultur verkürzte Lebensdauer. Ueber das Verhalten Zweijähriger bei Aussaat im Frühjahr hat Verf. Versuche angestellt und hiebei die verschiedensten Abstufungen in der Lebensdauer beobachtet; das Einjährigwerden trat bei manchen Arten sofort ein, bei anderen war der Anfang hierzu nur schwach, manche fruchteten statt einmal zweimal, manche blieben von der frühen Aussaat ganz unberührt. Die Veränderlichkeit der Maisvarietäten ist bekannt. Die Erfahrung zeigt auch ausgiebige Veränderungen der Lebensdauer bei Pflanzen, die aus einem Klima in das andere verbracht und hier kultivirt werden. Kulturen an dem fremden Orte, im andersartigen Klima, können aber auch Aenderungen in der Vegetationsweise allein, ohne Beeinflussung der Lebensweise, bewirken. Meist treten Veränderungen in Lebensdauer und Lebensweise nicht gleich in den verpflanzten Individuen oder den zuerst gesäten Originalsamen, sondern erst nach Generationen hervor, durch die Zuchtwahl des Menschen sich schärfer ausprägend.

Auch in der freien Natur, im geographischen Vorkommen, lassen sich Beziehungen zwischen der Lebensdauer und Vegetationsweise und den Einwirkungen des Klimas ermitteln. Mag man die ganze Erde in Bezug auf ihr Klima in's Auge fassen oder einzelne Gegenden, es läßt sich in beiden Fällen erkennen, daß sich das Verhältniß der verschiedenlebigen Gewächse nach dem verschiedenen Klima richtet. Eine vom Verf. hauptsächlich nach den Feuchtigkeitsverhältnissen der Standorte gelieferte Zusammenstellung speziell für die Flora von Freiburg i. B., möge hier mitgetheilt werden. Es bewohnen, in Prozenten ausgedrückt, Arten:

	⊙	⊙	♃	♄
Steinige und sandige trockene Orte . . .	21,3	10,7	65	3
Trockene Wiesen	5,7	4	90,3	—
Nasse Wiesen mit Gräben oder Sümpfen	11,7	2,1	77	9,2
Wald und Gebüsche	2,5	1,5	65	31
Wasser	2,6	—	97,4	—
Aecker etc.	88,8	—	11,2	—
In den höheren Bergregionen	2,8	1,2	85	11

«Aus der Gesammtheit dieser Verhältnisse, wie die in Bezug auf Klima, Boden und Umgebung verschiedenen Oertlichkeiten verschiedenlebige Pflanzen beherbergen, können wir ersehen, daß die Lebensdauer der Gewächse von diesen Dingen abhängig ist und sich durch Adaptation an dieselben in ihrer Verschiedenheit herausgebildet haben muß.» Zur näheren Begründung und Anschauung von solcher Umbildung geht nun Verf. von den Pflanzen selbst aus und vergleicht, wie dieselben unter verschiedenen Lebensbedingungen und bei sonst innerer Verwandtschaft verschiedene Lebensdauer zeigen, wie sich aus einer Art von bestimmter Lebensdauer ihrer Individuen andere Arten mit anderer Lebensdauer in Adaptation an die äußeren Verhältnisse ausgebildet haben. Einschlägige Zusammenstellungen liegen vor von *Bonnier* und *Flahault*, und Verfasser giebt sie für die Freiburger Flora. Es war für Gattungen mit verschiedenlebigen Arten

zu vergleichen, wie sich dieselben in Bezug auf den Standort zu einander verhalten. Es ist für eine Anzahl solcher Gattungen dieser Flora (Ranunculus, Viola, Lychnis u. s. w.) gezeigt, daß die verschiedenlebigen Arten nicht gemischt untereinander wachsen, sondern solche verschiedener Lebensdauer an verschiedenen Orten. Freilich giebt es auch Fälle, in denen verschiedenlebige Arten derselben Gattung an demselben Orte zusammenwachsen.

Schließlich theilt Verf. einige Bemerkungen mit über das Verhältniß der Lebensdauer in den geologischen Perioden, bezüglich deren wir auf das Original verweisen. — «Die Bildung von annuellen Arten scheint im Fortschreiten begriffen zu sein, die hauptsächlich erst begonnen haben, als ein periodisches Klima sich an das gleichmäßige der Erde anschloß, welche bei ihrem schnellen, massenhaften Fruchten die Möglichkeit schneller Umbildung in sich tragen und zugleich in ihrer Verbreitung seit dem Erscheinen des Menschen so begünstigt sind.» *C. K.*

W. Detmer. **Ueber Pflanzenathmung.** Sitzungsber. Jenaischer Ges. für Med. u. Naturw. 1881. Sitzung. vom 18. November, und Botanisches Centralblatt von O. Uhlworm. 1882. Bd. IX. Nr. 7. S. 214.

Verf. beschreibt zuerst den angewandten Apparat. Die Athmungsgröße wurde an der erzeugten Kohlensäure gemessen, diese dem Gewicht nach durch Absorption in Kalilauge bestimmt. Als Resultate ergaben sich: 1) Todte Pflanzentheile geben keine Kohlensäure. Die Untersuchungsobjecte wurden durch Erhitzen auf 70—80° in verschlossenen Kolben getödtet. Vorausgängig war die Athmungsintensität dieser nämlichen Pflanzentheile (Laubblätter, Blüthen, Keimpflanzen) ermittelt worden. 2) Lufttrockene Samen von Pisum sativum und Cucurbita Pepo (dieselben werden bekanntlich durch das Austrocknen nicht getödtet) nehmen keinen Sauerstoff auf, solche von Pisum geben keine Kohlensäure ab. Dagegen entwickeln sie im gequollenen Zustande Kohlensäure, ehe noch die Wurzel die Samenschale durchbricht, was sich mit fortschreitender Keimung steigert. Austrocknen der Keimpflanzen, was besonders den Wurzeln, Stengeln und Laubblättern, nicht wesentlich den Cotylen schadet, vermindert die Athmung, nach Wasserzufuhr steigt sie wieder bedeutend. 3) Durch direkte Lichtwirkung steigt die Kohlensäureentwickelung bei von allen grünen Theilen befreiten Blüthen von Salvia pratensis. Dagegen wurden schwankende Resultate mit anderen chlorophyllfreien Pflanzentheilen (Fruchtkörper von Cantharellus cibarius, blüthentragende Stengel von Monotropa Hypopitys, Blüthen von Syringa, Blumenblätter von Rosa) erhalten. 4) Bezüglich der spezifischen Athmungsenergie verschiedener Pflanzentheile wurden keine besonderen Versuche gemacht. Die Vergleichung der bei obigen Beobachtungen erhaltenen Werthe läßt aber erkennen, daß verschiedene Pflanzentheile in gleichen Zeiten und bei nahezu gleicher Temperatur sehr verschiedene Kohlensäuremengen ausgeben. Sehr bedeutend ist die Athmungsenergie der Blüthen, ziemlich erheblich bei Laubblättern und Fruchtkörpern der Pilze, schwach bei Blüthenstengeln von Monotropa. *C. K.*

W. P. Wilson. **Ueber Athmung der Pflanzen.** Flora 1882. Nr. 6. Vorläufige Mittheilung.

Wortmann hatte seiner Zeit behauptet[1]), daß bei Keimlingen von Vicia faba u. A. bei O-Abschluß zunächst für kurze Zeiten Kohlensäure in gleicher Menge

[1]) Diese Zeitschrift Bd. III. S. 62.

ausgeschieden werde, wie bei Zutritt von O, also wie bei normaler Athmung, und hatte auf Grund dieser Beobachtung eine besondere Athmungstheorie entwickelt. Verf. bestätigt die Beobachtungen *Wortmann's* für Keimlinge von V. faba, nicht aber für andere Objecte (Keimlinge, Blüthen und andere Pflanzentheile), vielmehr nehme hier die CO_2-Ausscheidung bei Ausschluß des Sauerstoffs nach den ersten zwei oder drei halben Stunden, oft sogar von Anfang an, ziemlich gleichmäßig ab. Diese Verringerung setzt sich bei längerer Versuchsdauer in gleicher Weise und nicht schneller als bei V. faba fort. Die erwähnte Athmungstheorie würde durch die Versuchsergebnisse demnach unhaltbar gemacht. — In einer aus $^1/_5$ Luft und $^4/_5$ H zusammengesetzten Atmosphäre zeigte die von Helianthus-Keimlingen ausgeschiedene CO_2, verglichen mit der Ausscheidung in atmosphärischer Luft, keine sehr merkliche Abnahme; diese wurde erst beträchtlich in einer Mischung von $^1/_{20}$ Luft und $^{19}/_{20}$ H. — Lichteinfluß änderte die CO_2-Ausscheidung verschiedener Objecte nicht, weder wenn dieselben in atmosphärischer Luft, noch wenn sie in H sich befanden. *C. K.*

***E. Godlewski.* Studien über die Athmung der Pflanzen.** Denkwürdigkeiten der Krakauer Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturw. Section. Krakau 1881 (Polnisch) und Biologisches Centralblatt von Rosenthal. 1882. Bd. II. Nr. 3.

In Anbetracht der unzureichenden Kenntnisse über die Athmung der Pflanzen, sowie der auf diesem Gebiete bestehenden Meinungsverschiedenheiten stellte sich Verf. die Aufgabe, auf Grund einer neuen Untersuchungsmethode, auf deren Beschreibung wir hier nicht eingehen können, eine bessere Einsicht in den Modus und den Verlauf des Athmungsprocesses zu erstreben. In der oben angeführten Abhandlung beschränkte er sich vorerst vorwiegend auf die Lösung nachstehender zwei Fragen: 1) Wie verhalten sich die Mengen des in einer gewissen Zeit eingeathmeten Sauerstoffs und der in derselben Zeit ausgehauchten Kohlensäure zu einander? 2) Welchen Einfluß hat der partiäre Sauerstoffdruck in der umgebenden Atmosphäre auf die Athmung der Pflanzen?

Die Untersuchungen wurden vorwiegend an keimenden fett- sowie stärkehaltigen Samen ausgeführt, außerdem an Blüthenknospen von Papaver somniferum und an reifenden Früchten dieser letzteren Pflanze und von Ricinus communis.

Bei keimenden fetthaltigen Samen fand *Godlewski* übereinstimmend mit den Resultaten älterer Forschungen, daß während der Keimung ein größeres Volumen von Sauerstoff eingeathmet, als Kohlensäure ausgeschieden wird. Allein das Verhältniß beider Gasvolumina ist nicht im ganzen Verlauf der Keimung das gleiche, sondern ändert sich sehr beträchtlich, und zwar können drei Perioden, die jedoch nicht scharf abgegrenzt sind, vielmehr allmälig ineinander übergehen, unterschieden werden. In der ersten, der Quellungsperiode der Samen, sind die Mengen des eingeathmeten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure nahezu gleich. In der zweiten, welche mit dem Hervortreten der Würzelchen beginnt, werden auf je 100 Theile des eingeathmeten Sauerstoffs ungefähr 60 Theile Kohlensäure ausgeschieden, und dieses Verhältniß erhält sich auch dann, wenn die Samen statt in der gewöhnlichen Luft in reiner Sauerstoffatmosphäre verbleiben. In der dritten Periode ändert sich wieder das Verhältniß, indem auf ein gewisses Quantum des eingeathmeten Sauerstoffs immer mehr Kohlensäure ausgeschieden wird, bis gegen Ende der Keimung, ungefähr am zehnten Tage vom Anfang des

Versuchs an gerechnet, die Volumina beider Gase sich wieder nahezu ausgleichen. Aus diesen Verhältnissen schließt Verf., daß in der Periode der Quellung von fetthaltigen Samen das Fett derselben noch nicht zur Respiration verwendet wird, sondern ein anderer Körper von der chemischen Zusammensetzung der Kohlehydrate, und erst nachdem dieser Körper vollständig verbraucht worden ist, das Fett der Oxydation anheimfällt. Dann kommt die zweite Periode, während welcher das fette Oel theils direkt zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird, theils aber durch unvollständige Oxydation in Kohlehydrate, namentlich Stärke umgewandelt wird. Ist schon der größte Theil des fetten Oels in Stärke umgewandelt, dann geht auch die Respiration vorwiegend auf Unkosten der Stärke vor sich und dann werden auch die Sauerstoff- und Kohlensäurevolumina immer mehr sich einander nähern, bis mit dem vollständigen Verschwinden des fetten Oels die Keimlinge dem Volumen nach ebensoviel Kohlensäure ausscheiden, wie sie Sauerstoff eingeathmet haben.

Aus dem angegebenen Verhältniß, daß während der zweiten Periode auf je 100 Vol. eingeathmeten Sauerstoffs im Mittel etwa 60 Vol. Kohlensäure ausgeschieden werden, und aus der Thatsache, daß das in den Pflanzen am meisten verbreitete Trioleïn zu seiner vollständigen Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser 80 Vol. Sauerstoff erheischt, was einem Verhältniß von 71,2 Kohlensäure auf je 100 Theile Sauerstoff entspricht, berechnet nun Verf. (angenommen, daß in den untersuchten Samen das fette Oel aus Trioleïn besteht), daß bei der Keimung von fetthaltigen Samen zur Zeit des schnellsten Verbrauchs von fettem Oel von je 100 Theilen eingeathmetem Sauerstoff ungefähr 84 Theile zur Athmung (direkten Verbrennung) zu Kohlensäure und Wasser, die übrigen 16 Theile zur Umwandlung des Fetts in Kohlehydrate verwendet werden.

Indem weiter Verf. mit *Müntz* annimmt, daß die Fette vor ihrer Umwandlung in Kohlehydrate sich in Fettsäuren und Glycerin spalten und seine eigenen Zahlenergebnisse mit *Detmer*'s[1]) Elementaranalysen der Hanfsamen und der aus diesen gewachsenen, in Dunkelheit gezogenen 7—10tägigen Pflänzchen vergleicht, stellt er auf Grund dieses Vergleichs den Umwandlungsproceß der Fette bei der Keimung von fetthaltigen Samen durch folgende Formel dar:

$$(C_{18}H_{33}O \cdot O)_3 \cdot C_3H_5 + 3H_2O = 3C_{18}H_{34}O_2 + C_3H_8O_3$$

$$C_{18}H_{34}O_2 + 17O_2 = C_6H_{10}O_5 + C_2H_xO\left(\frac{x}{2} - 1\right) + 10CO_2 + \frac{24-x}{2}H_2O.$$

Danach würde also die Umwandlung der Fette in Kohlehydrate in der Weise vor sich gehen, daß jedes Fettmolekül sich unter Aufnahme von Wasser zuerst in Fettsäure und Glycerin spaltet; während dann letzteres durch weitere Umsetzungen in nicht näher zu bestimmende Verbindungen übergeht, wird erstere unter Einfluß von atmosphärischem Sauerstoff zu Stärke, Kohlensäure und Wasser und einem Rest von nicht näher bekannter chemischer Zusammensetzung oxydirt. Wendet man diese Formeln auf *Detmer*'s analytische Befunde an, so ergiebt die Berechnung, daß von den 15,56 g Fett, welche bei seinen Experimenten während 7tägiger Vegetationsdauer verbraucht wurden, sich 9,07 g Stärke bilden sollten, während *Detmer* in Wirklichkeit 8,64 g fand, also nur um 0,43 g weniger, als obige Formel verlangt.

[1]) *W. Detmer*, Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses. 1880. S. 337.



Für keimende stärkehaltige Samen und Blüthenknospen von Papaver somniferum fand Verf. die Mengen des eingeathmeten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure nahezu gleich. Nur in einem Versuch mit Erbsen, zu welchem schon vorher 48 Stunden lang unter Wasser gequollene Samen verwendet wurden, war in den zwei folgenden Tagen das Verhältniß $\frac{CO_2}{0}$ nicht = 1, sondern bedeutend größer, und zwar am ersten Tage wie 2 : 1, am zweiten schon wie 1,3 : 1. Dieses Ueberwiegen der Kohlensäureproduction über die Sauerstoffeinnahme in dem in Rede stehenden Versuch erklärt Verf. dadurch, daß in Folge erschwerten Sauerstoffzutritts während der Quellungsperiode der Samen dieselben zur intramolekularen Athmung angeregt wurden, welche noch später eine Zeit lang fortdauerte, nachdem die Samen schon dem Einfluß der Luft ausgesetzt waren.

Hingegen schieden reifende Früchte von Papaver somniferum und Ricinus communis während der ganzen Versuchsdauer bedeutend mehr Kohlensäure aus, als sie Sauerstoff eingeathmet hatten, was sich ganz einfach dadurch erklärt, daß in den Samen dieser Früchte während der Reife ein Reductionsproceß von Statten geht, in Folge dessen die Stärke der Samen in Fett umgewandelt wird.

Der Einfluß des partiären Sauerstoffdrucks auf die Athmung der Pflanzen giebt sich nach den diesbezüglichen Versuchen des Verf. in verschiedener Weise kund und ist abhängig sowohl von der Natur des athmenden Organs, als auch von dem Material, durch welches die Athmung unterhalten wird. So wird bei keimenden fetthaltigen Samen die Energie der Athmung bald gesteigert, bald herabgesetzt, je nachdem man dieselben in reiner Sauerstoffatmosphäre oder in einer Atmosphäre keimen läßt, deren procentischer Gehalt an Sauerstoff geringer, ist als in der gewöhnlichen Luft. Hingegen wird bei keimenden stärkehaltigen Samen, sowie bei Blüthenknospen und reifenden Früchten von Papaver somniferum und Ricinus communis eine solche Abhängigkeit der Athmung von der Größe des Sauerstoffdrucks nicht oder nicht in solchem Grade beobachtet: dieselben athmen in reinem Sauerstoff und in gewöhnlicher Luft mit der nämlichen oder nahezu mit der nämlichen Energie.

Aber selbst in den Fällen, in welchen ein entschiedener Einfluß des gesteigerten oder verminderten Sauerstoffdrucks beobachtet wird, bleibt das Verhältniß des eingeathmeten Sauerstoffs zu der ausgeschiedenen Kohlensäure unverändert, so daß, wenn die Sauerstoffabsorption gesteigert oder herabgesetzt ist, auch die Kohlensäureproduction proportional wächst oder fällt. Nur wenn der Sauerstoffdruck so weit herabgesetzt wird, daß in Folge dessen die Absorption dieses Gases durch die Pflanzen erschwert ist, wird neben der normalen Athmung auch unabhängig vom Sauerstoff Kohlensäure producirt und dann wird auch das Verhältniß beider Gase alterirt. Aus diesen Beobachtungen schließt nun Verf., daß die normale oder Sauerstoffathmung in keinem direkten Verhältniß zur intramolekularen Athmung steht, mit anderen Worten, daß sie kein Bestandtheil der intramolekularen Athmung sei, sondern daß beide Processe unabhängig, je nach den äußeren Bedingungen bald nebeneinander, bald nacheinander verlaufen. Denn würde die Kohlensäureproduction bei der normalen Athmung nicht direkt von der Sauerstoffabsorption abhängig sein, so müßte mit der Verminderung der letzteren das Verhältniß des eingeathmeten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure

sich ändern und zwar mehr Kohlensäure producirt werden, als die eingeathmete Sauerstoffmenge deren liefern könnte. Da dies aber nicht der Fall ist, so kann bei freiem Sauerstoffzutritt von einer intramolekularen Athmung nicht die Rede sein, und der Behauptung, daß sie ununterbrochen während des ganzen Lebens der Pflanze thätig und die bedingende Ursache der normalen Athmung sei, wird jeder Grund entzogen. Nur wenn Reproductionsprocesse in den Pflanzen oder deren Organen stattfinden, wie dies bei reifenden Früchten mit fetthaltigen Samen der Eall ist (Umwandlung der Stärke in Fett), wird auch bei ungehindertem Sauerstoffzutritt die Kohlensäureproduction über die Sauerstoffeinnahme prävaliren und dann könnte man auch von einer die normale Athmung begleitenden intramolekularen Athmung reden.

***O. Kirchner.* Ueber Längenwachsthum von Pflanzenorganen bei niederen Temperaturen.** Berichte über die Sections-Sitzungen der 54. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Salzburg. S. 75.

Die Feststellung der für das Längenwachsthum bei verschiedenen Pflanzen erforderlichen Temperaturminima wurde bisher, z. B. von *Sachs*, *Uloth*, *F. Haberlandt* u. A. an auskeimenden Samen versucht, indem man die hierbei gewonnenen Resultate auf das Längenwachsthum im Allgemeinen übertrug. Es schien nun wünschenswerth, zu untersuchen, wie bereits im Wachsthum begriffene Pflanzenorgane sich in der Nähe des für die Keimung der Samen der betreffenden Art festgestellten Temperaturminimums verhalten würden, insbesondere, ob bei unterhalb dieses Minimums liegenden Temperaturen ein im Gange befindliches Wachsthum sogleich sistirt wird.

Die Versuche, welche bei wenig über 0° liegenden, während längerer Zeit möglichst constant erhaltenen Temperaturen angestellt wurden und zu denen junge Keimpflanzen von Sinapis alba, Vicia faba, Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, Helianthus annuus, Cucurbita Pepo, Cannabis sativa, Triticum vulgare, Secale cereale, Zea Mays dienten, ergaben im Wesentlichen folgende Resultate:

1) Für eine Reihe von einheimischen Pflanzen ließen sich an im Wachsthum befindlichen Organen die von *Uloth*, *Haberlandt* u. A. an auskeimenden Samen gemachten Beobachtungen bestätigen, wonach das Temperaturminimum bei 0° oder wenig darüber liegt (Sinapis, Secale, Triticum, Pisum, Cannabis). Dieses Ergebniß wird man mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Gros der bei uns einheimischen Pflanzen übertragen dürfen.

2) Auch diejenigen Pflanzen, deren untere Keimungstemperatur erheblich oberhalb 0° liegt, zeigen bei Temperaturen unterhalb ihres Minimums noch ein Andauern der Streckung, jedoch ein allmäliges Herabsinken der aufeinander folgenden Zuwachse bis zum endlichen Stillstand. Diese Verlangsamung der Streckung erfolgt um so rapider, je tiefer die Versuchstemperatur unterhalb des Keimungsminimums für die betreffende Pflanzenart liegt. Diese Erscheinung kann man als eine Nachwirkung der früheren höheren Temperatur auffassen, ähnlich wie Nachwirkungen bei heliotropischen und geotropischen Vorgängen beobachtet worden sind.

***H. Müller-Thurgau.* Ein Beitrag zur Kenntniß des Stoffwechsels in stärkehaltigen Pflanzenorganen.** Botanisches Centralblatt von O. Uhlworm. Bd. IX. 1882. Nr. 6.



Bei meinen Untersuchungen über Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen wollte ich auch jene vereinzelten Angaben, nach denen in Folge des Gefrierens eine chemische Umsetzung in einigen Pflanzenorganen stattfinden soll, einer genaueren Prüfung unterwerfen. Insbesondere wird angenommen, daß in Kartoffeln beim Gefrieren ein Theil der Stärke in Zucker umgewandelt werde. Ich hoffte nun, auch von dieser Seite her durch eingehende Versuche den Vorgang des Erfrierens näher kennen lernen zu können. Gleich beim Beginne stellte sich jedoch heraus, daß «das Süßwerden der Kartoffeln» mit dem Gefrieren und Erfrieren in keinerlei Beziehung steht; daß es sich hier vielmehr um eine eigenthümliche Beeinflussung des Stoffwechsels durch niedere Temperatur handelt. Die hieran sich knüpfende Untersuchung ergab mir alsdann eine Reihe bisher unbekannter Thatsachen, die zu einer genaueren Kenntniß der Stoffmetamorphose und Pflanzenathmung beitragen werden. In Folgendem sollen nur die wesentlichsten Resultate kurz angeführt werden; eine ausführliche Publikation der Arbeit erfolgt in den Landwirthschaftlichen Jahrbüchern von Dr. H. Thiel.

1. Beim schnellen Gefrieren von Kartoffeln findet keine merkbare Zuckerbildung statt.

2. Läßt man Kartoffeln sehr langsam gefrieren, so läßt sich eine Zuckerzunahme nachweisen. Zwischen sogenanntem langsamem und schnellem Gefrieren ist, was den eigentlichen Gefriervorgang betrifft, kein wesentlicher Unterschied. In beiden Fällen muß, bevor die Eisbildung eintritt, die Temperatur der Kartoffel auf ca. — 3° herabsinken. Hat der Gefriervorgang einmal begonnen, so schreitet er (wenigstens anfangs) in beiden Fällen rasch voran. Der Unterschied der beiden Gefrierarten bezieht sich mehr auf die Dauer vom Beginn des Versuchs bis zum Auftreten der ersten Eisbildungen. Beim langsamen Gefrieren verstreicht geraume Zeit, während welcher die Kartoffeln auf 0° bis — 2° abgekühlt sind, ohne daß sie dabei gefrieren und es wird also auch dieser Umstand sein, der den Unterschied in der Wirkung von schnellem und langsamem Gefrieren verursacht.

3. Das Süßwerden der Kartoffeln wird nicht durch das Gefrieren, sondern durch längeres Abgekühltsein auf Temperaturen unter 0° verursacht. Von den diesen Satz beweisenden Versuchen möge hier nur ein Beispiel erwähnt werden. Kartoffeln, die während 15 Tagen auf — 1° bis — 2° abgekühlt blieben, gefroren nicht, enthielten aber nach Beendigung des Versuchs bis 2% Zucker.

4. Werden Kartoffeln in gefrorenem Zustande längere Zeit der Kälte ausgesetzt, so erhöhen sie ihren Zuckergehalt nicht.

5. Bei der Verathmung der Stärke durch das Protoplasma sind zwei verschiedene Vorgänge strenger, als dies bisher geschehen, auseinanderzuhalten: nämlich die Umwandlung der Stärke in Zucker und sodann die Verathmung des Zuckers durch das Protoplasma. Ersterer ist ein Vorgang «chemischer» Natur, der von dem Vorhandensein eines diastatischen Fermentes abhängt, letzterer ist ein «vitaler» Proceß, der in erster Linie beeinflußt wird durch die Lebensenergie des Protoplasma. In einer stärkehaltigen Zelle können beide Vorgänge nebeneinander und gleichzeitig stattfinden. Sie können aber auch örtlich und zeitlich getrennt sich abspielen, d. h. der Zucker,

der in einer Zelle durch Ferment aus Stärke gebildet wird, kann unter Umständen erst später und in einer anderen Zelle verathmet werden.

6. Diese beiden Vorgänge werden ihrer Natur entsprechend von niederen Temperaturgraden verschieden stark beeinflußt; der einfachere Fermentationsproceß nur in geringerem Grade, während die Lebensvorgänge im Protoplasma und damit auch der Verbrauch von Zucker durch Kälte wesentlich herabgestimmt werden. Es wird also bei niederer Temperatur mehr Zucker durch Fermentwirkung aus Stärke gebildet, als das Protoplasma verbraucht, um den Athmungsverlust zu decken; es wird unter solchen Verhältnissen Zucker angehäuft. Ist diese meine Anschauung richtig, so werden Kartoffeln höchst wahrscheinlich schon bei 0° süß werden.

7. Werden Kartoffeln während längerer Zeit in einem Raume von 0° aufbewahrt, so häufen sich in denselben beträchtliche Mengen von Zucker an. In Kartoffeln, die 30 Tage lang in einem auf 0° abgekühlten Thermostaten sich befanden, betrug der Zuckergehalt bis 2,5 % der Frischsubstanz, eine Zuckermenge, die ca. 12% des gesammten Stärkegehalts entspricht.

8. Kartoffeln derselben Sorte zeigen bezüglich des Süßwerdens große individuelle Verschiedenheit. Z. B. enthielten 4 Kartoffeln, die 32 Tage lang auf 0° abgekühlt waren, 2,5%, 2,4%, 1,9% und 1,8% Zucker. Von etwa 500 Kartoffeln, an denen die Zuckerbildung verfolgt wurde, war jedoch keine, die nicht süß wurde.

9. Die Zuckerzunahme ist anfangs langsam, dann schneller und sodann bei höherem Zuckergehalt wieder langsamer.

10. Ein höherer Wassergehalt der Kartoffeln begünstigt das Süßwerden.

11. Der Zuckeranhäufung entspricht eine Stärkeabnahme.

12. Auch in einigen anderen stärkehaltigen Pflanzentheilen konnte bei längerem Aufenthalte bei 0° eine Zuckeranhäufung auf Kosten der vorhandenen Stärke beobachtet werden.

13. Wenn die in Satz 5 angedeuteten Verhältnisse die Ursache des Süßwerdens sind, so ist anzunehmen, daß über 0° diese Verhältnisse nicht plötzlich andere werden, daß vielmehr bei Temperaturen von 0° an aufwärts die Zuckeranhäufung allmälig abnimmt und Zuckerbildung und Zuckerverbrauch sich immer mehr nähern, bis bei einer bestimmten Temperatur sie sich gleich stehen und eine Zuckeranhäufung nicht mehr stattfindet. Diese Schlußfolgerung wird denn auch bestätigt durch eine weitere Versuchsreihe, aus der hier ein Beispiel angeführt werden möge. Von drei morphologisch gleichwerthigen Theilen einer Kartoffel, die nur Spuren von Zucker enthielt, wurde einer 30 Tage lang auf 0°, der zweite eben so lange auf + 3°, und der dritte während derselben Zeit auf + 6° abgekühlt gehalten. Nach Beendigung des Versuchs enthielt der erste Theil 2,54% Zucker, der zweite Theil 0,76%, der dritte Theil 0,37%. — Entnahm ich während des Winters die Kartoffeln einem Vorrath, der in einem 8—10° warmen Raume sich befand, so war in denselben gewöhnlich deutlich Zucker nachzuweisen, während solche aus wärmeren Räumen keinen Zucker oder nur Spuren davon enthielten.

14. **Manche stärkehaltigen Pflanzentheile zeigen verschiedene quantitative Zusammensetzung bezüglich Zucker, Stärke und der eiweißartigen Stoffe, je nach der Temperatur, welcher sie vor der Analyse längere Zeit ausgesetzt waren.** Es mag dieses Resultat verschiedene, in der Litteratur sich findende Widersprüche aufklären.

15. **Die Zuckeranhäufung ist nicht allein darauf zurückzuführen, daß bei 0° die Athmung geringer ist, als z. B. bei 20°; es ist bei niedereren Temperaturen (z. B. 0°) auch die Umwandlung der Stärke in Zucker eine ausgiebigere.** Einige aus meinen diesbezüglichen Untersuchungen herausgegriffene Zahlen mögen dies zeigen. 1 kg Kartoffeln athmete bei 20° per Tag ca. 0,36 g Kohlensäure aus, bei 0° dagegen ca. 0,12 g, also 0,24 g weniger als bei 20°. In 30 Tagen würde dies eine Differenz von 7,2 g ausmachen. Wäre die Zuckerbildung in beiden Fällen gleich ausgiebig, so müßte der bei 0° weniger verathmete Zucker in den Kartoffeln sich vorfinden. Damit 7,2 g Kohlensäure weniger gebildet werden, müßten bei 0° etwa 5 g Zucker per Kilogramm weniger verathmet worden sein. Die 30 Tage lang bei 0° aufbewahrten Kartoffeln müßten also nur 0,5% Zucker enthalten, ihr Zuckergehalt beträgt aber gewöhnlich über 2%.

16. **Die Umwandlung der Stärke in Zucker wird in Kartoffeln durch ein diastatisches Ferment vermittelt. Mehrere Beobachtungen berechtigen mich zu der Annahme, daß dieses Ferment bei längerer Einwirkung niederer Temperatur sich anhäuft und deshalb ausgiebiger wirkt.** Die Stärkeumwandlung nimmt anfangs (in Folge Vermehrung des Ferments) zu, wird dadurch energischer als bei höherer Temperatur; später nimmt die Umsetzung der Stärke in Zucker allmälig ab (in Folge Anhäufung des Zuckers). — Bei höheren Temperaturen sind die Umsetzungen im Protoplasma derart, daß entweder weniger Ferment gebildet wird, oder, was wahrscheinlicher ist, das Ferment wird mit in die lebhafteren Zersetungserscheinungen hineingerissen, so daß in der Zeiteinheit immer nur geringe Mengen desselben vorhanden sind.

17. **Werden Kartoffeln, die bei 0° süß gemacht wurden, auf höhere Temperatur gebracht, so verschwindet der Zucker rasch.** Ein Beispiel aus der entsprechenden Versuchsreihe möge dies darthun. Eine Kartoffel, die bei 0° in 32 Tagen ihren Zuckergehalt bis auf 2,5% gesteigert hatte enthielt nach 6tägigem Aufenthalt bei 20° nur noch 0,4% Zucker.

18. **Der Athmungsproceß süßer Kartoffeln ist, wenn sie in höhere Temperatur, z. B. 20° gebracht werden, viel energischer, als derjenige nicht süßer Kartoffeln.** Ist durch diesen ausgiebigen Athmungsproceß der Zuckervorrath erschöpft, so sinkt die Athmungsintensität zu derjenigen nicht süßer Kartoffeln herab.

19. **Die Athmungsintensität der Kartoffeln ist abhängig von der Ausgiebigkeit der diastatischen Fermentwirkung.** Bei niederen Wärmegraden liefert diese (wie oben gezeigt) mehr Zucker als nothwendig ist, um den Athmungsverlust des Protoplasma zu decken. Die Menge des angehäuften Zuckers übt alsdann einen wenn auch nur beschränkten Einfluß auf die Athmungsgröße aus. Eine Kartoffel, die längere Zeit auf 20° erwärmt war und sodann auf 0° abgekühlt wird, zeigt anfangs eine sehr geringe Athmungsgröße. Nach einigen

Tagen nimmt dieselbe etwas zu. Durch Fermentwirkung ist während dieser Zeit ein gewisser Zuckervorrath hergestellt, der begünstigend auf den Athmungsproceß wirkt.

Anders liegen nun die Verhältnisse bei höheren Temperaturen, z. B. 20°. Das Protoplasma ist durch diese Temperatur zu einer solchen Lebensenergie angeregt, daß es nicht allein sämmtlichen entstehenden Zucker zu verathmen vermag, sondern bedeutend größere Mengen consumiren würde, wenn dieselben zur Verfügung ständen. Die Athmung wird also geradezu beschränkt, regulirt durch die Zuckerzufuhr, resp. den Fermentationsproceß.

20. Die Athmungsgröße ist demnach bei derselben Temperatur verschieden, je nachdem die Kartoffeln vorher längere Zeit in einem wärmeren oder kälteren Raume sich befanden. Eudiometrische Versuche mit stärkehaltigen Blättern ließen eine gewisse Uebereinstimmung auch in dieser Richtung erkennen. Man wird in Zukunft bei Bestimmung von Athmungsgrößen genöthigt sein, auf die vor dem Versuche obwaltenden Temperaturverhältnisse Rücksicht zu nehmen.

An Obiges mögen sich noch einige, die Verwendung der Kartoffeln betreffende Untersuchungsergebnisse anknüpfen:

21. Wenn Kartoffeln niederen Temperaturen ausgesetzt worden sind, so sind die Folgen je nach den obwaltenden Umständen verschieden. Liegen die Kartoffeln auf dem Felde oder an einem wenig geschützten Orte und es tritt z. B. während einer Nacht Kälte ein, so kühlen auch die Kartoffeln sich rasch ab. Steigt nun die Temperatur wieder, bevor die Kartoffeln auf — 2° abgekühlt waren, so gefrieren sie nicht und sind nachher auch nicht süß. Sinkt dagegen die Temperatur der Kartoffeln unter — 3°, so gefrieren sie. Solche Kartoffeln zeigen sich am folgenden Tage erfroren, aber nicht süß.

Anders, wenn die Kartoffeln in einem Keller oder einer gut gedekten Grube sich befinden. Die Lufttemperatur des Kellers sinkt zwar bei anhaltender Kälte, aber nur langsam. Wochenlang dauert es oft, bis sie von + 5° auf — 2° fällt. Während dieser Zeit häuft sich aber in den Kartoffeln Zucker an. Wird es nun im Keller nicht mehr kälter, so sind die Kartoffeln süß, aber nicht erfroren. Sinkt aber die Temperatur noch tiefer, bis unter — 3°, so werden die Kartoffeln gefrieren und sind nachher süß und erfroren.

22. Das Süßwerden der Kartoffeln an und für sich ist zwar ein Verlust, indem ein Theil der Stärke in Zucker umgewandelt und nachher verathmet wird; doch sind deshalb die Kartoffeln für den Haushalt nicht werthlos und müssen nicht weggeworfen werden, wie dies häufig geschieht, indem doch die Hauptmasse der Nährstoffe (darunter alles Eiweiß) zurückbleibt.

23. Zudem geben meine Untersuchungsresultate ein naturgemäßes Mittel an die Hand, aus süßgewordenen Kartoffeln den Zucker zu entfernen und dieselben wieder genießbar zu machen. Man bringt dieselben mehrere Tage vor dem Gebrauch in einen warmen Raum (Küche), wo alsdann der Zucker von den Kartoffeln rasch verathmet wird. Andere vorgeschlagene Mittel, wie Auslaugen etc. führen nicht zum Ziel;



der Zucker wird nur zum geringen Theil entfernt, zugleich aber auch ein Theil der Eiweißstoffe ausgezogen.

24. Süße Kartoffeln sind keimfähig. Es ist behauptet worden, süße Kartoffeln seien nicht keimfähig und wurde vor deren Aussaat gewarnt. Eingehende, zum Theil auf freiem Lande ausgeführte Versuche haben mir ergeben, daß süße (natürlich nicht erfrorene) Kartoffeln keimfähig und ertragsfähig sind.

F. Nobbe. **Uebt das Licht einen vortheilhaften Einfluß auf die Keimung der Grassamen?** Landw. Versuchsstationen. 1882. Bd. XXVII. Heft 5. S. 347—355.

In der Versammlung der Samencontrol-Stations-Vorstände 1878 zu Cassel theilte *P. Wagner* mit, daß er bei Poa pratensis ein höheres Keimkraftprocent erzielt habe, wenn der Proceß im Lichte, statt im Dunkeln von Statten ging. Obgleich diese Mittheilung im Widerspruch mit den bisherigen Beobachtungen stand, erschien dieselbe doch wichtig genug, den Gegenstand nochmals aufzunehmen. Auf Vorschlag des Verf. wurde an verschiedenen Stationen ein gemeinsamer diesbezüglicher Versuch ausgeführt, dessen Resultate unter einander sehr abweichend waren. Dieses Ergebniß, welches dadurch herbeigeführt war, daß sich in manchen Fällen Einflüsse von höherer Bedeutung geltend gemacht hatten, gab dem Verf. Anlaß, die Frage über die Wirkung des Lichtes erneut in Angriff zu nehmen.

Die Versuche wurden in unglasirten Blumentopf-Untersetzern von Thon ausgeführt, welche in feucht gehaltenen Sand gebettet und mit rund geschnittenen Glasplatten bedeckt wurden, welche letzteren für die je 3—4 Dunkelversuche mit schwarzem Papier überklebt, für die 3—4 Lichtversuche frei waren und wobei durch zwischengeschobene Stäbchen ein Luftwechsel ermöglicht wurde. Die Temperatur des Keimbettes wurde genau regulirt; niemals wurde eine größere Differenz als 1° R. beobachtet.

Jede der 6 Reihen eines Versuchs umfaßte 200 Samen. Die Durchschnittsresultate ergeben sich aus folgenden Zahlen.

Versuch I. Poa pratensis.

	im Dunkeln	im Lichte
A. Keimprocent	65,50	55,17
B. »	63,50	46,25

Vorstehende Versuche bezeugen eine erhebliche Verzögerung des Keimprocesses im Lichte. Zugleich erwies sich die Keimung im Dunkeln viel gleichmäßiger.

Versuch II. Poa pratensis.

	im Dunkeln	im Lichte
A. Keimprocent	67,00	61,88
B. »	70,17	58,50

Auch in diesem Versuche tritt ein retardirender und die Keimkraft benachtheiligender Einfluß des Lichtes hervor.

Versuch III. Dactylis glomerata.

	im Dunkeln	im Lichte
Keimprocent	67,33	67,50

Außer einer schwachen Verzögerung der Keimung im Lichte ließ sich ein weiterer Unterschied zwischen Licht und Dunkelheit bei Dactylis nicht constatiren.



Versuch IV. Phleum pratense.

	im Dunkeln	im Lichte
Keimprocent	91,17	89,50

Bei Phleum hatte die Keimung im Lichte um einen Tag später begonnen und ist ungleichmäßiger vorgeschritten als im Dunkeln. Allmälig gleichen sich aber die Procentzahlen aus.

Die bisherigen Versuche waren im diffusen Lichte ausgeführt. Ungleich größer erscheinen die nachtheiligen Wirkungen des direkten Sonnenlichtes, wofür folgende Beobachtungen als Beleg dienen.

Versuch V. Zea Mays.

	im Dunkeln	im Lichte
Keimprocent	67	8

Das Resultat der mitgetheilten Beobachtungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß das Licht bei der Keimung der Samen, unter übrigens gleichen Bedingungen, keinen oder einen nachtheiligen Einfluß ausübt, indem es den Vorgang retardirt und dadurch unter Umständen, bei langsam keimenden Samenarten, die Keimpflänzchen den sich entwickelnden Pilzen überantwortet

Die Ergebnisse dieser Versuche stehen demnach in vollem Gegensatz zu den von *F. G. Stebler* erhaltenen[1]). Welchen Operationsfehler Letzterer in seinen Untersuchungen begangen hat, läßt sich in Ermangelung näherer Details der Operationsweise nicht ermitteln. *E. W.*

***A. Zimmermann.* Ueber die Einwirkung des Lichts auf den Marchantienthallus.** Arbeiten des bot. Instit. in Würzburg. Bd. II. Heft 4, pag. 665—669.

Entgegen älteren Angaben *Pfeffer*'s wird gezeigt, daß das Auswachsen von Wurzelhaaren an den Brutknospen von Marchantia (und Lunularia) außer von Schwerkraft und Contactwirkung auch vom Lichteinflusse abhängig ist. Bei Versuchen mit in Krystallisirschaalen auf Wasser schwimmenden, theils von oben, theils von unten beleuchteten Brutknospen trat dies deutlich hervor. Vermuthlich hatte *Pfeffer* bei zu schwacher Beleuchtung gearbeitet. Bei der stärkeren Beleuchtung gelang es dem Verf. aus den Brutknospen Pflänzchen zu erhalten, bei denen sich, bei Beleuchtung von unten, die Spaltöffnungen auf der Wasserseite, Wurzelhaare und Blattgebilde auf der Luftseite befanden. *C. K.*

***J. Sachs.* Stoff und Form der Pflanzenorgane.** II. Ibid., pag. 689—718[2]).

Indem wir bezüglich des Näheren auf die Referate über die unten genannte Literatur verweisen, sei hier in Betreff der polemischen Bemerkungen, welche gegen *Vöchting* gerichtet sind und den ersten Abschnitt dieser neuesten Publikation bilden, bloß bemerkt, daß Verfasser seine früheren Deduktionen ganz entschieden aufrecht erhält und den von *Vöchting* beigebrachten Thatsachen keinerlei modifizirende Wirkung auf die früher geäußerten Anschauungen zugesteht. «Es stehen zwei ganz verschiedene Auffassungen einander gegenüber und es handelt sich keineswegs bloß um eine Discussion über einzelne Erscheinungen des Pflanzen-

---

[1]) Vergl. das Referat in dieser Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 407.

[2]) Vergl. hieher *Vöchting*, Organbildung im Pflanzenreich. Diese Zeitschr. Bd. II. S. 104. *Sachs*' ersten Aufsatz ibid. Bd. III. S. 294. *Vöchting's* Entgegnung ibid. Bd. IV. S. 64; auch *Wiesner* ibid. Bd. III. S. 495.

lebens, sondern um den radicalen, prinzipiellen Gegensatz zwischen formaler Morphologie und streng naturwissenschaftlicher Auffassung des Pflanzenlebens». Es ist nämlich *Vöchting* als Vertreter der alten (von *Sachs* angegriffenen) Vorstellungsweise gekennzeichnet, «was besonders darin hervortritt, daß derselbe (sc. *Vöchting*) neben den gewöhnlichen Kräften der Materie auch noch geheimnißvolle andere, sogenannte morphologische Kräfte in Anspruch nimmt, wie mit aller Bestimmtheit daraus hervorgeht, daß *Vöchting* die Differenz von Spitze und Basis[1]) der Pflanzenorgane als eine in der Pflanzensubstanz thätige Kraft oder Bewegungsursache behandelt, von der er annimmt, daß sie erblich sei».

Es wird sich empfehlen, die Sätze mitzutheilen in denen *Sachs* seine Ansicht in unzweideutigster Weise zusammenfaßt: «Um zu erklären, warum Sproßknospen und Wurzeln an bestimmten Orten sowohl bei abgeschnittenen Pflanzentheilen, als auch unter Umständen bei ganzen, unverletzten Pflanzen, auftreten, sind zwei von einander ganz unabhängige Ursachen zu beachten: . . . 1. Die zur Organbildung nöthigen Stoffe gehen bei assimilirenden Pflanzen aus den Assimilationsorganen, d. h. den grünen Blättern, in die Sproßachsen über und bewegen sich dort zum Theil in die Knospen der Sprosse, zum Theil in die Wurzeln fort, um das Wachsthum der beiderlei Organe zu bewirken — ein Vorgang, der an und für sich mit der Wirkung der Schwere und des Lichts gar nichts zu thun hat. Als Zusatz ist hinzuzufügen, daß aus uns unbekannten Gründen unter Umständen mit den sproßbildenden Stoffen zugleich auch wurzelbildende Substanz nach den Vegetationspunkten der Sprosse hinwandern kann, so daß unmittelbar unter den letzteren auch Wurzeln entstehen können, was, abgesehen von vielen anderen complicirten Fällen, bei manchen Baumfarnen und manchen Cactusarten stattfindet. Ebenso können sproßbildende Substanzen abwärts in die Wurzeln oder in unterirdische Reservestoffbehälter überhaupt einwandern, geradeso wie beiderlei Substanzen auch in die Samenkörner und in die Embryonen derselben eingeführt werden. Warum das so ist, ist unbekannt. . . 2. Da die Bewegung der in den Blättern assimilirten oder in den Reservestoffbehältern aufgehäuften plastischen Stoffe immerfort dem continuirlichen Einfluß der Schwere und des Lichts unterliegt, so muß von dem Beginn des Wachsthums an die Organisation der stoffleitenden Organe in der Weise sich gestalten, daß sie vorwiegend die wurzelbildenden Stoffe zu den Wurzeln hin, die sproßbildenden aufwärts zu den Knospen hinzuleiten im Stande sind, und wenn man abgeschnittene Stücke oder ganze Pflanzen in umgekehrte Lage versetzt, wird nothwendig diese vorher bewirkte Prädispositon als Nachwirkung auftreten müssen, während zugleich die unmittelbare Einwirkung der Schwere und des Lichts mit einwirkt». — «Es wird also bei Versuchen dieser Art zweierlei zu berücksichtigen sein: 1) Die von Licht und Schwere unabhängige Tendenz der organbildenden Stoffe, aus ihren Reservestoffbehältern oder Assimilationsorganen in die Knospen oder Wurzeln einzuströmen; 2) kommt in Betracht, ob bei einer gegebenen Pflanze eine mehr oder minder große Reactionsfähigkeit der fraglichen Stoffe oder Organisationsverhältnisse gegen Schwere und Licht besteht. Ist die in der normalen Vegetation vorhandene Prä-

[1]) Nach Anschauung des Ref. braucht der Unterschied von Basis und Spitze nicht an die Annahme einer geheimnißvollen, besonderen Kraft, die allerdings ganz unhaltbar wäre, geknüpft zu werden.



disposition eine sehr kräftige, so wird bei Umkehrung abgeschnittener Stücke oder ganzer Pflanzen die Nachwirkung derselben überwiegen und die direkte Einwirkung der äußeren Kräfte kaum wahrnehmbar sein. Dagegen läßt sich denken, daß die durch äußere Einflüsse bewirkte Disposition zuweilen nur eine schwache Nachwirkung bedingt, und daß bei Umkehrung abgeschnittener Pflanzentheile oder ganzer Pflanzen die unmittelbare Einwirkung äußerer Kräfte deutlich hervortritt».

Neue Versuche. 1. Mit Opuntia. Die flachen, scheibenrunden Glieder erzeugen normalen Falls neue Glieder vorwiegend auf dem Gipfel des jedesmal obersten Glieds, außerdem aus den Kanten der Glieder, mit vorherrschender Tendenz nach oben; sehr selten erscheinen Sprossungen auf der breiten Seite eines älteren Gliedes. An einem Exemplar (dasselbe ist abgebildet) war ein großes Glied mit dem Gipfeltheil so gebogen, daß die flachen Seiten horizontal waren: Die bei dieser Lage entstehenden Sprossen bildeten sich auf der oberen flachen Seite, nicht aus den Kanten. «Dies Verhalten zeigt, daß der Ort, wo neue Sproßvegetationspunkte entstehen sollen, durch zufällige äußere Umstände bestimmt wird.» Wenn die Seitensprossen einer aufrechten Opuntia so gestellt sind, daß die beiden flachen Seiten vertikal sind, entspringen die neuen Glieder solcher Sprosse gewöhnlich aus der oberen Kante. Weiter wurden umgekehrte Pflanzen (der Topf oben, die Pflanze unten) beobachtet. Aus diesen Beobachtungen, auf welche wir, ohne zu weitläufig zu werden, nicht im Einzelnen eingehen können, schließt Verf., daß das Verhalten der umgekehrten Pflanzen zeige, daß eine äußere Einwirkung, Licht oder Schwere oder beide zusammen, zur Lokalisirung der neuen Vegetationspunkte mit eingewirkt habe. — Es wurden ferner Glieder abgeschnitten, die an den resp. Mutterpflanzen möglichst nach unten gerichtet waren. Ein Theil wurde aufrecht, ein anderer verkehrt in Erde gepflanzt, bei den ersteren aber der ganze Topf umgekehrt auf ein Gestell gebracht. Bei diesen hatte sich schon nach acht Wochen ein reiches Wurzelsystem an der nach aufwärts gekehrten Basis gebildet, von den verkehrt eingesetzten hatte zu dieser Zeit von den 4 Exemplaren nur eines einige Wurzeln entwickelt, einige Monate später aber waren auch noch 2 andere bewurzelt. «Der Versuch beweist, daß bei der Opuntia die wurzelbildende Substanz auch in akropetaler Richtung sich ansammeln und zum Vorschein kommen kann, wenn der Gipfel Monate lang abwärts gekehrt, feucht und dunkel ist.» Die Länge der erforderlichen Zeit erklärt Verf. durch eine starke Prädisposition, aus der früheren normalen Stellung der Pflanze rührend. Bei den aufrecht eingepflanzten war diese Prädisposition der Wurzelbildung zu gute gekommen.

2. Mit Thladiantha dubia. Diese Pflanze entwickelt knollige Anschwellungen an den Wurzelfäden, welche über Winter persistiren und im nächsten Jahre neue Sprossen produciren. Mit diesen Knollen, die sich in verschiedener Hinsicht merkwürdig verhalten, hat Verfasser mehrfache Versuche angestellt, deren allgemeines Resultat lautet: «die Knospen entspringen ausschließlich an der während der Bildung der Knollen zenithwärts liegenden Seite, außerdem ist vermöge einer inneren Disposition das akropetale Ende bei der Knospenbildung bevorzugt.»

3. Mit Dioscorca. Diese Knollen verhalten sich ganz merkwürdig. «Die

Knolle ist ursprünglich eine Hauptwurzel, verliert aber später diesen Charakter eines bestimmten Organes und nimmt die Eigenschaft eines bloßen Reservestoffbehälters an, ähnlich wie das Endosperm eines Samens; aus diesem neutralen Reservestoffbehälter entspringen nicht vereinzelte Sprosse und Wurzeln, wie sonst von abgeschnittenen Pflanzenstücken, sondern es entsteht jedesmal eine ganze, aus Hauptwurzel und Hauptsproß bestehende Pflanze, ähnlich wie in einem Samen eine ganze Pflanze neben dem Endosperm sich bildet. Bei diesem Sachverhalt erscheint es einigermaßen erklärlich, daß an jedem beliebigen Punkt eines Knollenstücks die Regeneration stattfindet, besonders deshalb, weil hier in diesem Fall die wurzelbildende und sproßbildende Substanz nicht aus verschiedenen Punkten des regenerationsfähigen Stücks hervortreten, sondern an derselben Stelle eine Embryoanlage bilden, an welcher nunmehr erst nachträglich die Scheidung von Wurzel und Sproß eintritt. Vor dieser Scheidung ist die organisationsfähige Substanz oder der primäre Vegetationspunkt ein betreffs der organbildenden Stoffe neutrales Gebilde.»

Betrachtungen über die Natur der Vegetationspunkte. Verf. wirft die Frage auf nach der Substanz, welche den Vegetationspunkten, allgemein den embryonalen Geweben im Gegensatz zu den älteren ihre Besonderheiten verleihe. Um Ansammlung von Eiweißstoffen, Fetten und Kohlehydraten könne es sich bei der Bildung neuer Vegetationspunkte nicht handeln, da diese Substanzen überall im Zellgewebe vorhanden seien, und wenn es nur auf sie ankäme, adventive Sprossungen fast überall entstehen könnten. Die postulirte embryonale Substanz brauchte nur in sehr kleiner Quantität vorhanden zu sein, wie sich aus dem Gewicht sämmtlicher Vegetationspunkte eines ganzen Baumes ergiebt. Verf. verweist hier auf die Ansammlung von Nucleïn, auf die auffallende Größe der Zellkerne in embryonalen Geweben gegenüber ausgewachsenen Parenchymzellen; nach den neueren Untersuchungen sei das den Zellkern charakterisirende sein Gehalt an Nucleïn, überdies vermuthlich grade diese Substanz das wirksame Element der Befruchtung. Verf. fügt aber die Bemerkung bei, daß natürlich zur Zeit keine bestimmte Behauptung hinsichtlich der Funktion des Nucleïns für die Gestaltungsfähigkeit der befruchteten Embryonen und der davon abstammenden Vegetationspunkte gemacht werden könnte. Die so kleinen Stoffmengen zugeschriebene weittragende Wirkung finden ihr Analogon in der Wirkung der Fermente und der gewiß außerordentlich geringen Quantität des auf die Eizelle übertragenen Befruchtungsstoffs. Spielt wirklich das Nucleïn die ihm zugeschriebene Rolle, so wäre die nächste Folgerung die der Existenz verschiedener Arten von Nucleïn, z. B. eines besonderen zur Einleitung der Bildung von Wurzel-, eines anderen für Anlage von Sproßvegetationspunkten. *C. K.*

A. Hansen. **Geschichte der Assimilation und Chlorophyllfunktion.** Habilitationsschrift. Leipzig bei W. Engelmann. 90 S. Auch Arbeiten des bot. Instit. zu Würzburg. Bd. II. Heft 4, pag. 537—626.

Der ältere Abschnitt kann als Erweiterung der Grundzüge, wie sie *Sachs* in seiner Geschichte der Botanik entwickelt hat, betrachtet werden. Der jüngere Abschnitt ist fortgeführt bis auf die neueste Zeit und schließt mit einer eingehenden Kritik der Arbeiten *Pringsheim's*, die eine vollständige Verurtheilung erfahren. Wie der Ref.[1]) hält auch Verf. das Hypochlorin für ein Zersetzungsproduct des

[1]) Vergl. die kritischen Bemerkungen in dieser Zeitschrift Bd. IV. S. 249—251.

Chlorophyllfarbstoffs und bezeichnet ebenso die Beobachtungen im intensiven Sonnenlicht als ungeeignet für Gewinnung einer Einsicht in die normalen Lebenserscheinungen. *C. K.*

C. Kraus. **Ueber den Säftedruck der Pflanzen.** Berichte über die Sectionssitzungen der 54. Vers. deutscher Naturforscher und Aerzte in Salzburg. S. 71—73.

C. Kraus. **Untersuchungen über den Säftedruck der Pflanzen.** Flora. 1882. Nr. 1, 2, 4, 7, 10, 18.

F. Elfving. **Beitrag zur Kenntniß der physiologischen Einwirkung der Schwerkraft auf die Pflanzen.** Helsingfors 1880.

P. Krutitzky. **Beobachtungen über die Transpiration der Gewächse.** Sitzungsber. der bot. Section der St. Petersburger naturh. Ges. 20. Novbr. 1880.

E. Regel. **Wirkung des Lichtes auf die Pilze.** Ibid. 15. Jan. 1881.

R. Sachsse. **Beiträge zur Kenntniß des Chlorophylls.** Nachtrag. Chem. Centralblatt. 3. Folge. XII. 1881. Nr. 15 und 16.

H. Baillon. **De l'influence de la température sur la germination de certaines graines.** Bull. périod. Soc. Linn. de Paris 1882. Nr. 39, pag. 305 et 306.

F. Tschaplowitz. **Untersuchungen über die Einwirkung der Wärme und der anderen Formen der Naturkräfte auf die Vegetationserscheinungen.** Leipzig 1882. Hugo Voigt.

E. Ebermayer. **Untersuchungen über die Zahl und Größe der Blätter in Eichen- und Buchenbeständen.** Forstwissenschaftliches Centralblatt. 1882. S. 160.

J. Reinke. **Kreisen galvanische Ströme in lebenden Pflanzenzellen?** Archiv für die ges. Phys. Bd. XXVII. 1882. Heft 3/4.



III. Agrar-Meteorologie.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XVI. Beiträge zur Frage des Einflusses des Klimas und der Witterung auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Die Frage des Einflusses der klimatischen und meteorologischen Elemente auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft ist bisher nur von den Hygiënikern aus verschiedenen hier nicht näher zu erörternden Gründen in das Bereich ihrer Untersuchungen gezogen worden, obwohl dieselbe auch in landwirthschaftlicher Beziehung insofern ein Interesse bietet, als die freie Kohlensäure im Boden verschiedene wichtige Funktionen zu verrichten hat, von welchen zum Theil die Fruchtbarkeit desselben abhängig ist.

Die von den hygienischen Instituten in fraglicher Richtung angestellten Beobachtungen haben zwar nicht durchgehends zu gleichen Resultaten geführt, und sind auch ohne Weiteres für die landwirthschaftlichen Verhältnisse nicht verwerthbar, weil die Kohlensäurebestimmungen in größeren Tiefen des Bodens und nicht in der Vegetationsschicht angestellt wurden; gleichwohl liefern sie zur Beurtheilung der hier aufgeworfenen Frage mehrfache wichtige Fingerzeige. Es dürfte daher zweckmäßig sein, zunächst auf die wichtigeren, bisher veröffentlichten Untersuchungen einen Blick zu werfen.

In den auf Veranlassung von *v. Pettenkofer* angestellten Beobach-

tungen[1]) über den Kohlensäuregehalt im Geröllboden von München, lassen die Kohlensäurecurven eine Coïncidenz mit dem Gange der Temperatur deutlich wahrnehmen. Von den bezüglichen bisher veröffentlichten Untersuchungen mögen diejenigen hier eine Stelle finden, bei welchen gleichzeitig die Temperatur des Bodens beobachtet wurde.

Monat	1874				1875				1876			
	in $1^1/_2$ m Tiefe		in 4 m Tiefe		in $1^1/_2$ m Tiefe		in 4 m Tiefe		in $1^1/_2$ m Tiefe		in 4 m Tiefe	
	Kohlensäuregehalt[2])	Bodentemperatur[3])	Kohlensäuregehalt	Bodentemperatur[4])	Kohlensäuregehalt	Bodentemperatur	Kohlensäuregehalt	Bodentemperatur[4])	Kohlensäuregehalt	Bodentemperatur	Kohlensäuregehalt	Bodentemperatur[4])
Januar	3,82	5,5	7,03	7,7	2,30	5,0	3,51	7,5	4,42	4,3	7,62	7,3
Februar	4,10	4,4	6,42	6,4	3,08	4,1	4,56	6,4	3,78	2,8	6,52	6,0
März	3,84	4,2	5,66	5,6	3,06	3,5	4,03	5,8	3,02	3,6	4,66	5,3
April	4,49	6,5	5,67	5,7	2,93	5,0	3,14	5,4	3,65	5,8	4,60	5,4
Mai	5,77	7,9	5,62	6,4	4,06	8,4	4,30	6,6	5,54	7,1	7,38	6,4
Juni	6,64	10,6	5,66	7,5	5,89	11,2	6,70	8,4	7,34	6,8	6,93	7,6
Juli	8,93	13,6	8,96	10,3	8,11	12,7	10,34	10,1	8,32	11,5	9,62	9,0
August	10,33	14,2	11,45	12,0	9,32	13,6	13,94	11,3	11,38	14,0	17,49	11,0
September	10,12	14,6	13,67	12,4	11,68	14,1	17,96	12,2	6,00	13,3	14,48	11,8
Oktober	9,45	13,5	14,54	12,7	8,16	12,5	12,25	12,2	7,27	13,0	12,83	11,9
November	7,85	10,5	13,09	12,2	5,60	8,7	10,87	10,7	5,84	10,0	11,25	11,4
December	4,92	7,2	7,67	9,6	3,96	5,8	9,06	9,0	4,29	7,8	8,35	9,8

Im Allgemeinen zeigen diese Zahlen, ohne daß es einer graphischen Darstellung bedarf, daß die Kohlensäuremengen in der Bodenluft mit der Bodentemperatur steigen und fallen und daß demgemäß zur Zeit des Maximums der Bodentemperatur die vom Boden eingeschlossene Luft am reichsten, zur Zeit des Temperaturminimums am ärmsten an Kohlensäure ist.

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangte auch *H. Fleck* in seinen in Dresden angestellten Untersuchungen[5]). Mit einigen Abweichungen,

[1]) *von Pettenkofer*, Ueber den Kohlensäuregehalt der Grundluft im Geröllboden von München in verschiedenen Tiefen und zu verschiedenen Zeiten. Zeitschrift f. Biologie. Bd. VII. 1871. S. 395—417 und Bd. IX. 1873. S. 250—257.

G. Wolffhügel, Ueber den Kohlensäuregehalt im Geröllboden von München. Ibid. Bd. XV. 1879. S. 98—114.

G. Wolffhügel, Die Grundluft und ihr Kohlensäuregehalt. Aerztliches Intelligenzblatt. 1879. Nr. 4 u. 5.

[2]) Vol. CO_2 auf 1000 vol. Bodenluft bei 0° C. und 760 mm Barometerstand.

[3]) In Graden nach Celsius.

[4]) In 3 m Tiefe.

[5]) Vergl. *H. Fleck*, Untersuchungen über die Beziehungen der Bodenarten



wie solche auch in obiger Tabelle vorkommen, nahm an letzterem Versuchsort die Menge der freien Kohlensäure im Boden vom Frühjahr zum Sommer bedeutend zu, im Herbst und weiterhin im Winter stetig ab.

Während man in München und Dresden einen deutlichen Parallelismus zwischen Kohlensäure- und Temperaturcurve beobachtete, zeigte sich dem entgegengesetzt in Indien (Calcutta) nach den Beobachtungen von *T. R. Lewis* und *D. D. Cuningham*[1]) eine deutlichere Parallele mit der Regenmenge. Zur Zeit der größten Regenmenge fand man deutlich, am ausgesprochensten in 3 Fuß Tiefe, eine Vermehrung der Kohlensäure zum Maximum, von dem sie nach dem Aufhören des Regens zum Minimum herabging. Innerhalb gewisser Grenzen machte sich jedoch auch die Wirkung der Temperatur bemerkbar, wenigstens spricht dafür das Zusammenfallen der größten und kleinsten Differenzen in der Kohlensäuremenge zwischen den beiden Tiefen, in welchen die Kohlensäure bestimmt wurde (3 und 6 Fuß) mit den größten und kleinsten Differenzen in der Temperatur derselben.

J. von Fodor, der in Budapest eine größere Reihe von Beobachtungen[2]) über den Kohlensäuregehalt der Bodenluft angestellt hat, gelangt zu dem Schluß, daß zwar die Menge der Kohlensäure den Jahreszeiten entsprechend abwechselnd innerhalb eng gezogener Grenzen eine von der Bodentemperatur abhängige Vermehrung und Verminderung zeige, daß aber die Bodenwärme in Rücksicht auf die großen Schwankungen der Kohlensäuremenge in der Bodenluft selbst in Tiefen, wo die Temperatur einem geringen Wechsel unterliegt (4 m), von untergeordneterer Bedeutung sei, vielmehr die durch Schwankungen des Luftdruckes, durch Winde, Regen u. s. w. hervorgerufenen, auf- und abwärts gerichteten

---

und Bodengase des linken und rechten Elbufers u. s. w. Zweiter Jahresber. der chem. Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden. 1873. S. 15—49; dritter Jahresbericht. 1874. S. 3—24.

H. Fleck, Ueber Boden- und Bodengasuntersuchungen. 4. u. 5. Jahresbericht. 1876. S. 35—46.

[1]) *T. R. Lewis* and *D. D. Cuningham*, The soil in its relation to disease. Eleventh Annual Report of the Sanitary Commission with the Government of India. 1874. Besprochen von *F. Renk* in der Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege.

[2]) *J. von Fodor*, Experimentelle Untersuchungen über Boden und Bodengase. Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. VII. S. 205—237.

Bewegungen der Bodenluft die hauptsächlichste Ursache jener Schwankungen seien.

Aus den von *G. Wollfhügel* angestellten, den letzteren Punkt zum Theil berührenden Beobachtungen[1]) ging hervor, daß die Kohlensäurecurven der Grundluft keine Coïncidenz mit den Barometerschwankungen erkennen lassen, wenngleich die mittelst eines Differential-Manometers von *G. Recknagel*[2]) eingeleiteten Versuche lehrten, daß die Dichtigkeitsänderungen der Bodenluft mit den durch die Barometerschwankungen in der atmosphärischen Luft hervorgerufenen ziemlich gleichen Schritt halten, sowie daß der Wind bei der Bodenventilation eine bedeutende Rolle spielt.

W. M. R. Nichols[3]) ist der Meinung, daß es hauptsächlich die durch die Veränderung der Temperatur der Luft veränderten Ventilationsverhältnisse seien, welche an einer Lokalität die Schwankungen in der Kohlensäuremenge hervorrufen und daß der Unterschied in den Kohlensäuremengen der verschiedenen Bodenarten und an verschiedenen Orten hauptsächlich von der durch die Bodenbeschaffenheit bedingten Fähigkeit für Diffussionsvorgänge abhänge.

Wie man sieht, gehen die Anschauungen über die Ursachen der Kohlensäureschwankungen der Bodenluft ziemlich weit auseinander. Während man in dem einen Falle für dieselben die Aenderungen der Temperatur, in dem anderen den Wechsel in den Niederschlägen als ursächliches Moment erkannt hat, hat man in den übrigen Fällen die Ventilations- und Diffusionsvorgänge zur Erklärung der Schwankungen herangezogen. Angesichts dieser Verhältnisse dürfte es nicht überflüssig erscheinen, wenn Referent an dieser Stelle auf Grund eigener Beobachtungen den Versuch unternimmt, die mitgetheilten Resultate von einem allgemeineren als dem bisher eingenommenen Standpunkt zu beleuchten und damit die in Rede stehende Frage der Lösung näher zu bringen.

---

[1]) *G. Wolffhügel*, Ueber den Einfluß der Barometerschwankungen auf die Bodengase. Amtl. Ber. d. 50. Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte. München. 1877. S. 355—357.

[2]) *G. Recknagel, Poggendorff's* Annalen. 1877. Bd. 2.

[3]) *W. M. R. Nichols*, On the Composition of the Ground Atmosphere. Boston. 1875.

W. M. R. Nichols, Observations on the Composition of the Groundatmosphere in the neighbourhood of decaying organic matter. Boston. 1876. Besprochen von *F. Renk* in der deutschen Vierteljahrsschrift f. öffentliche Gesundheitspflege.

Zunächst möchte Referent darauf hinweisen, daß wohl nicht alle plötzlichen Schwankungen in dem Gehalt der Bodenluft an freier Kohlensäure auf den Einfluß äußerer Ursachen zurückgeführt werden können, weil die Faktoren, von welchen die Gasmenge beherrscht wird, in größeren Tiefen des Bodens nicht solchen Schwankungen unterliegen, daß man hieraus die erhaltenen Versuchsergebnisse erklären könnte. Von der Richtigkeit dieser Meinung wird man sich überzeugen können, wenn man, was leider nicht in allen oben angeführten Versuchen geschehen ist, neben den Kohlensäurebestimmungen auch genaue Beobachtungen der einschlägigen meteorologischen Elemente ausführt und die gewonnenen Daten in Vergleich bringt. Ein Theil der plötzlich auftretenden Aenderungen in der Zusammensetzung der Bodenluft ist sicherlich den der Versuchsmethode anhaftenden Mängeln sowie äußerlichen Zufälligkeiten beizumessen. In Bezug auf ersteren Punkt ist zu beachten, daß nach der üblichen Methode von *v. Pettenkofer* die Entnahme der Luftprobe nicht von einer begrenzten Stelle, sondern aus einem größeren Umkreise in der betreffenden Tiefe erfolgt und daß der Ersatz der ausgepumpten Luft durch solche aus den benachbarten Bodenpartbien niemals in der stets gleichen Weise, sondern je nachdem sich die Feuchtigkeitsverhältnisse von der einen zur anderen Beobachtungszeit geändert oder sich durch das vorhergehende Auspumpen neue Luftbahnen geöffnet haben, in verschiedener Weise erfolgen wird. Ebenso kann durch die vorhergehende Entnahme der Luftprobe kohlensäureärmere Luft von oben nachströmen oder wenn die Poren des Bodens in den höher gelegenen Erdschichten mit Wasser erfüllt sind, kohlensäurereichere Luft[1]) von unten her aufsteigen, wodurch eine Verminderung oder Steigerung der Kohlensäuremengen in der betreffenden Schicht bei der in kurzer Zeit folgenden Beobachtung herbeigeführt werden muß. Auf solchen wie den vorstehenden Vorgängen beruhen gewiß nicht selten die in kurzen Zeitintervallen (von Vormittag zu Nachmittag, oder von Tag zu Tag) festgestellten Schwankungen der Kohlensäuremengen, die indessen niemals so groß sind, daß, eine genügende Zahl von Beobachtungen vorausgesetzt, die Wirkung der Faktoren, von welchen Bildung und Abgabe der Kohlensäure im Boden abhängig sind, dadurch verwischt werden könnte[2]).

---

[1]) Bekanntlich nimmt im Allgemeinen der Kohlensäuregehalt der Bodenluft von oben nach unten zu.

[2]) *von Fodor* behauptet zwar, daß die plötzlichen Schwankungen in den

Zu Störungen in der Bestimmung der Kohlensäure können unter Umständen auch die im Boden befindlichen Würmer Veranlassung geben, entweder dadurch, daß sie durch ihre Gänge die Bodenventilation in verschiedener Weise beeinflussen, oder sich in der Nähe der Oeffnung der Aspirationsröhre in größeren oder geringeren Mengen anhäufen und durch ihre Athemluft die Zusammensetzung der Grundluft alteriren.

Vorstehende Erwägungen lassen deutlich erkennen, daß die in bestimmten Fällen auftretenden Schwankungen in dem Kohlensäuregehalt der Bodenluft nicht immer nothwendig auf die Wirkung der bekannten Zersetzungsfaktoren der organischen Substanzen zurückgeführt werden müssen, sondern auch aus den mit der Versuchsmethode verbundenen Mängeln abgeleitet werden können. Letztere zu beseitigen, dürfte kaum möglich sein: man wird sie in den Kauf nehmen und durch eine möglichst große Zahl von Einzelbeobachtungen zu eliminiren suchen müssen.

Schließlich sei bezüglich der Anordnung der Versuche in den eben citirten Arbeiten bemerkt, daß die erhaltenen Resultate über den Zusammenhang zwischen Witterung und Kohlensäurecurve nicht vollkommen Aufschluß zu geben vermögen, weil die untersuchten Luftproben solchen Bodentiefen entnommen wurden, auf welche die meteorologischen Elemente nur einen verhältnißmäßig geringen Einfluß ausüben können. In einer Tiefe von 3 Fuß sind bereits Feuchtigkeit und Temperatur nur geringen Schwankungen unterworfen und ihre Wirkung eine mehr stetige, mit den Vorgängen in der Atmosphäre nicht gleichen Schritt haltende. Dasselbe gilt von dem Einfluß der Luftdruckschwankungen, der Winde und den durch Temperaturdifferenzen hervorgerufenen Bewegungen. Die Wirkung aller dieser Faktoren ist in den oberen Bodenschichten eine ungleich größere, denn diese werden ohne Weiteres von den Aenderungen in der Atmosphäre beeinflußt, und so scheinen Kohlensäurebestimmungen in diesen Parthien des Bodens viel geeigneter, den Einfluß der meteorologischen Elemente auf die Zusammensetzung der Bodenluft klar zu legen.

Hinsichtlich der Verwerthung der in den mitgetheilten Versuchen gewonnenen Resultate für die vorliegende Frage wird man, um sicher zu gehen, von den einzelnen, die Kohlensäuremengen der Grundluft beherrschenden Faktoren auszugehen und alsdann die Gesammtwirkung derselben

Kohlensäuremengen der Bodenluft sehr bedeutend sein können, indessen scheint dies nach den von ihm mitgetheilten Zahlen nur selten der Fall zu sein.



in einzelnen näher bekannten Fällen festzustellen haben. In Bezug hierauf mögen die folgenden Bemerkungen Platz greifen.

Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft ist offenbar abhängig:

1) von der Bildung der Kohlensäure im Boden,

2) von der Abgabe der entstandenen Kohlensäure an die Atmosphäre[1]).

Die Entwickelung der Kohlensäure im Boden ist bei gleicher Menge der organischen Substanzen hauptsächlich abhängig von der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Luftzufuhr. Wie die Zersetzungsvorgänge überhaupt, so ist auch der Zerfall der in organischer Form im Boden vorkommenden Substanzen in ganz hervorragender Weise von der Temperatur abhängig; demgemäß erleidet die Kohlensäureentwickelung im Boden, wie Referent an einer anderen Stelle ausführlicher dargelegt hat[2]) unter dem Einfluß der Kälte eine bedeutende Verminderung und unter dem von höheren Temperaturen eine beträchtliche Steigerung. Dasselbe gilt auch von der Feuchtigkeit, mit deren Menge, wie Referent ebenfalls nachgewiesen hat[2]), die Kohlensäureproduktion innerhalb gewisser Grenzen steigt, nämlich so lange, als nicht der Wassergehalt so groß ist, daß dadurch die zur Zersetzung nothwendigen Luftmengen eine für letztere nachtheilige Verminderung erfahren. Aus noch nicht veröffentlichten Versuchen des Referenten geht schließlich hervor, daß auch mit der Zunahme des zur Verfügung stehenden Sauerstoffs innerhalb gewisser Grenzen die Intensität des Zersetzungsprocesses gesteigert wird.

Die Wirkungen vorbezeichneter Faktoren machen sich unter natürlichen Verhältnissen nicht immer in derselben Richtung geltend, vielmehr bethätigen sie sich in den verschiedensten Kombinationen, wodurch die Erscheinungen sehr complicirt werden können.

Der Einfluß der Temperatur kann unter Umständen beeinträchtigt oder vollständig aufgehoben werden, wenn nicht genügende Mengen von Wasser im Boden enthalten sind oder der Luftzutritt zu den Bodenbestandtheilen über ein gewisses Maß hinaus beschränkt ist. Umgekehrt läßt sich die Abhängigkeit der Kohlensäureproduktion von der Bodenfeuchtigkeit in solchen Fällen nicht beobachten, wo die Temperatur

[1]) Es wird hier, der Einfachheit in der Darstellung wegen, von Nebenumständen abgesehen, z. B. von der chemischen Bindung der Kohlensäure und der Auflösung derselben in dem Bodenwasser.

[2]) Diese Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 1—24.

niedrig oder Sauerstoffmangel vorhanden ist. Aus alledem folgt, daß die Kohlensäureentwickelung im Boden von demjenigen Faktor beherrscht wird, der im Minimum vorhanden ist.

Die unter der Einwirkung vorbezeichneter Faktoren entstandenen Kohlensäuremengen sind, und zwar um so mehr, je näher die Bodenschichten zur Oberfläche liegen, einer Verminderung ausgesetzt, indem die Kohlensäure entweder durch Diffusionsvorgänge oder in Folge von Luftdruckschwankungen oder der saugenden Wirkung namentlich der unter einem sehr spitzen Winkel einfallenden oder horizontal sich fortbewegenden Winde in die atmosphärische Luft übertritt. Die Abgabe von Kohlensäure an letztere wird unter sonst gleichen äußeren Verhältnissen von dem Widerstande abhängig sein, welchen der Boden der Fortbewegung der Bodenluft entgegenstellt. Je feinkörniger der Boden ist, je dichter die Bodenbestandtheilchen aneinander gelagert sind und je größer die Zahl der vom Wasser erfüllten Hohlräume ist, in um so geringerem Maßstabe wird der Uebertritt des Gases in die Atmosphäre erfolgen können und vice versa. Bei gleicher Beschaffenheit des Bodens endlich wird der Verlust des Bodens an Kohlensäure in dem Grade größer oder geringer ausfallen, je nachdem die Luftdruckschwankungen, die Winde in ihrer Stärke und Richtung die Aufwärtsbewegung der Bodenluft fördern oder herabsetzen.

Angesichts vorstehend geschilderter Vorgänge bietet die Thatsache, daß die Kohlensäuremengen der Bodenluft, namentlich in den obersten, von dem jeweiligen Gange der meteorologischen Elemente vollständig beherrschten Bodenschichten großen und sehr wechselnden Schwankungen unterworfen sind, nichts Auffälliges dar. Es erübrigt an dieser Stelle auf die Deutung einiger Specialfälle näher einzugehen, um die äußerst complicirten Wirkungen sämmtlicher Faktoren zu charakterisiren.

Die in dem Boden vorhandenen Kohlensäuremengen können nach obigen Darlegungen abhängig sein:

1) von dem Gang der meteorologischen Elemente
   a) im Durchschnitt größerer Zeitperioden (Klima),
   b) in kürzeren Zeitabschnitten (Witterung),
2) von dem Verhalten des Bodens den atmosphärischen Einwirkungen gegenüber.

Hinsichtlich der Einwirkungen des Klimas ist zunächst zu konsta-

tiren, daß in vielen Gegenden gewisse meteorologische Faktoren mit größerer Gleichmäßigkeit auftreten, während andere großen Schwankungen unterworfen sind. Letztere werden daher unter solchen Verhältnissen auch am meisten die in der Vegetationsschicht auftretenden Kohlensäuremengen beeinflussen. So ist z. B. das Münchener Klima im Allgemeinen charakterisirt durch verhältnißmäßig große Gleichmäßigkeit in den Niederschlägen. Demgemäß ist hier der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens bei nicht zu geringer Mächtigkeit in Tiefen von 25—50 cm verhältnißmäßig wenig schwankend, während die Temperaturverhältnisse desselben einem ungleich größeren Wechsel unterliegen. Daher ist denn auch der Kohlensäuregehalt der Luft des Bodens vor Allem abhängig von der Einwirkung der Temperatur, wie dies auch aus den *v. Pettenkofer*'schen, sowie aus nachstehenden Versuchen des Referenten hervorgeht.

Letztere wurden in folgender Weise ausgeführt. Der Versuchsfeldboden, wegen seines relativ hohen Humusgehaltes das Wasser gut zurückhaltend, wurde in Blechcylinder von 0,1 □m Grundfläche und 0,5 m Höhe, also 50 Liter fassend, gefüllt. Die Gefäße waren so construirt, daß die in der Tiefe sich ansammelnden Sickerwasser frei abfließen konnten. Sie wurden, um einer übermäßigen Erwärmung derselben von der Seite her vorzubeugen, ringsum bis zum Rande mit einer 30 cm starken, äußerlich von 3 cm dicken Brettern begrenzten Erdschicht umgeben. In der Mitte des Bodens wurden eiserne Röhren bis zu einer Tiefe von 30 cm eingesenkt und aus ihnen die Luft in regelmäßigen Zeitintervallen in Mengen von 2 l aspirirt. Die nach der *v. Pettenkofer*'schen Methode untersuchte Luft enthielt auf 1000 Vol. folgende Mengen Kohlensäure (bei 0° und 760 mm Barometerstand).

Monat	Kohlensäuregehalt der Bodenluft ‰	Lufttemperatur[1]) ° C.	Niederschlagsmenge mm	Monat	Kohlensäuregehalt der Bodenluft ‰	Lufttemperatur[1]) ° C.	Niederschlagsmenge mm
Mai 1878	6,09	13,02	128,45	April 1879	2,97	6,36	83,30
Juni »	7,52	14,88	92,47	Mai »	3,29	8,85	107,68
Juli »	8,92	15,92	130,40	Juni »	5,68	16,08	120,57
August »	12,53	16,28	162,48	Juli »	5,00	14,58	120,79
Septemb. »	9,91	13,35	94,75	August »	5,15	17,90	120,81
Oktober »	3,09	9,55	42,28	Septemb. »	3,65	13,41	76,93

[1]) Die Lufttemperatur kann in diesen Versuchen zur Beurtheilung der Bodentemperatur ohne Weiteres herangezogen werden, weil nach anderen Versuchen des

Monat	Kohlensäuregehalt der Bodenluft °/oo	Lufttemperatur ° C.	Niederschlagsmenge mm	Monat	Kohlensäuregehalt der Bodenluft °/oo	Lufttemperatur ° C.	Niederschlagsmenge mm
April 1880	3,11	8,57	80,50	April 1881	3,15	5,30	48,20
Mai »	3,22	10,37	147,41	Mai »	2,50	10,74	233,70
Juni »	4,05	14,47	105,53	Juni »	4,86	15,06	120,35
Juli »	5,30	18,03	173,50	Juli »	5,84	19,43	64,57
August »	2,73	15,21	169,35	August »	4,71	17,39	108,52
Septemb. »	2,92	13,35	68,45	Septemb. »	3,51	11,55	65,57
				Oktober »	2,38	4,19	75,80

Ganz anders wird sich der Einfluß des Klimas auf die im Kulturlande auftretenden Kohlensäuremengen in solchen Gegenden gestalten, wo die atmosphärischen Niederschläge mit großer Unregelmäßigkeit erfolgen, wie z. B. in vielen heißen Klimaten, ferner in vielen Gegenden des germanischen Tieflandes u. s. w. Hier wird, und zwar um so mehr, je länger die Trockenperiode dauert, und je weniger der Boden die Fähigkeit besitzt, das Wasser in größeren Mengen festzuhalten, die Bodenfeuchtigkeit in längeren Zeitabschnitten in nicht zureichenden Quantitäten vorhanden sein und dementsprechend die höhere Temperatur der Kohlensäureentwickelung nicht zu Statten kommen können; letztere wird vielmehr vollständig beherrscht von der Menge und Vertheilung des atmosphärischen Wassers.

Während der Einfluß der Temperatur und der Niederschläge in der geschilderten Weise in größeren Zeitabschnitten fast ausschließlich in den Kohlensäuremengen zum Ausdruck gelangt, kommen in kürzeren Zeitabschnitten neben diesen Wirkungen auch diejenigen der Luftbewegungen im Boden zur Geltung. Daß diese letzteren in den Monatsmitteln sich fast gar nicht bemerkbar machen, beruht offenbar darauf, daß sie über das Jahr mehr oder weniger gleichmäßig vertheilt sind.

Die Witterung wird zunächst je nach der Höhe der Temperatur und der Menge und Vertheilung der Niederschläge in der bereits mehrfach beschriebenen Weise die Kohlensäureentwickelung in verschiedenem Grade beeinflussen. Beide Faktoren können dabei aber auch indirekt wirken, insofern sie in wechselndem Grade den Austritt der Kohlensäure aus dem Boden hintanhalten oder fördern. Ist beispielsweise die Boden-

Referenten letztere mit ersterer in den Schichten, aus welchen die Luftproben entnommen wurden, gleichen Schritt hält.



luft wärmer als die atmosphärische, so wird letztere in größeren Mengen in den Boden eindringen. Die Kohlensäuremenge wird dadurch vermindert. Im entgegengesetzten Falle, wo die wärmere äußere Luft über der kälteren Grundluft liegt, wird die Ventilation geringer sein und der Kohlensäuregehalt höher ausfallen. Auch das Wasser kann in mehrfacher Beziehung die Luftbewegung und die Diffusion abändern. In Bodenarten z. B., in welchen das Wasser nur langsam fortgeleitet wird, können sich die obersten Schichten derart mit Wasser sättigen, daß letztere vollständig undurchlassend für Luft werden. Hand in Hand hiermit geht, wenn die tieferen Schichten mit Luft erfüllt bleiben, ein Ansteigen der Kohlensäurecurve. Letztere sinkt aber bedeutend, wenn die ganze Bodenmasse, aus welcher die Luftproben entnommen werden, sich vollständig mit Wasser gefüllt hat. In einem, mit kleineren Gefäßen im Jahre 1881 ausgeführten Versuch, hatten sich die Sieblöcher des Bodens, auf welchem die Erde aufruhte, verstopft, wodurch das Wasser im Boden bis fast zur Oberfläche anstaute und alle Hohlräume erfüllte. Sofort fiel die Kohlensäuremenge in der Bodenluft in sehr beträchtlichem Grade, wie folgende Zahlen darthun.

Quarzsand, gedüngt mit Stalldünger.

	Kohlensäuregehalt der Bodenluft. Vor Ansammlung des Wassers.	Nach Ansammlung des Wassers.
2. Juli 1881	32,30	—
18. » »	22,23	—
4. August »	—	5,97
18. » »	—	2,38
2. Sept. »	—	3,29
16. » »	—	3,19.

Durch das Gefrieren des Wassers wird die Ventilation ebenfalls sehr bedeutend herabgesetzt und unter Umständen hierdurch eine Vermehrung der Kohlensäuremenge bewirkt, welch' letztere indessen sich selten bemerkbar machen dürfte, da gleichzeitig die niedrige Temperatur des Bodens die Zersetzung der organischen Substanzen hemmt. Schließlich kann ein Steigen des Grundwassers bei ergiebigen Niederschlägen unter gewissen Verhältnissen eine Vermehrung des Kohlensäuregehaltes der Grundluft bedingen, indem dabei die kohlensäurereichere Luft der tieferen Schichten nach oben gedrängt wird.

Ob Luftdruckschwankungen einen irgendwie in Betracht kommenden Einfluß auf die Zusammensetzung der Bodenluft ausüben, muß bis auf

Weiteres dahingestellt bleiben[1]). Dagegen scheinen die Luftströmungen in der Atmosphäre von nicht unerheblicher Wirkung in dieser Richtung zu sein, was daraus geschlossen werden kann, daß selbst in relativ größeren Tiefen die Bodenluft bei Winden bedeutende Bewegungen zeigt, die von der Richtung und Stärke der Winde hauptsächlich abhängig sind. Bald sind die Schwankungen derart, daß auf eine Verdünnung, bald so, daß auf eine Verdichtung der Bodenluft geschlossen werden darf. Aus einigen Beobachtungen des Referenten, für welche allerdings der Vorbehalt als Vorversuche beansprucht werden muß, geht hervor, daß der Wind bei horizontaler Richtung die Menge der freien Kohlensäure herabsetzt.

Der Versuch wurde in der Weise ausgeführt, daß die betreffende Bodenart in feuchtem Zustande in Kästen von 400 □cm Grundfläche und 30 cm Höhe gefüllt und daß in dem einen von je zwei Kästen an der einen Seite des oberen Randes eine Röhre, welche nach der der Erdoberfläche zugelegenen Seite mit zahlreichen feinen Löchern versehen war, angebracht wurde, durch welche ein Luftstrom unter einem Druck von 40 mm Wasser gepreßt wurde. Die Kohlensäuremenge wurde einige Tage vor jedem Ueberlüftungsversuch bestimmt, um zu sehen, ob die Böden in je zwei Gefäßen gleiche Mengen des Gases producirten. Das Ueberleiten der Luft dauerte jedesmal drei Stunden. Die Luftproben wurden aus einer Tiefe von 15 cm entnommen. Den folgenden Zahlen sind die Resultate zu entnehmen.

Datum		Bodenart	Wassergehalt des Bodens[2]) °/o	Temperatur des Bodens[3]) ° C.	Kohlensäuregehalt der Bodenluft	
					mit Wind	ohne Wind
20. Nov. 1879	vor der Ueberlüftung	Gemenge von Quarzsand u. Torf	13,30	12,5	2,48	2,47
22. » »	nach der Ueberlüftung		»	17,6	**1,69**	**1,92**
10. Dec. 1879	vor der Ueberlüftung	Humoser Kalksandboden	14,63	19,2	5,45	5,45
15. » »	nach der Ueberlüftung		»	15,3	**3,08**	**3,42**

[1]) Die von *G. Wolffhügel* angestellten Beobachtungen haben, wie oben gezeigt, ein negatives Resultat geliefert.

[2]) Am Anfang des Versuchs. — [3]) Während des Versuchs.

Datum		Bodenart	Wassergehalt des Bodens %	Temperatur des Bodens ° C.	Kohlensäuregehalt der Bodenluft	
					mit Wind	ohne Wind
19. Dec. 1879	vor der Ueberlüftung	Composterde	43,47	9,1	2,17	2,27
29. » »	nach der Ueberlüftung	»	»	10,7	**2,39**	**2,94**
3. Jan. 1880	vor der Ueberlüftung	Composterde	43,13	18,4	2,80	2,69
5. » »	nach der Ueberlüftung	»	»	16,4	**5,32**	**6,65**

Die bisher geschilderten, bei der Bildung der Kohlensäure sowohl als bei der Abgabe derselben an die Atmosphäre betheiligten Faktoren können ihren Einfluß nicht direkt ausüben, sondern nur indirekt, indem sie an dem Boden selbst Veränderungen hervorrufen, die für den Verlauf jener Processe bestimmend sind. Daher ist das Verhalten der Böden den atmosphärischen Einflüssen gegenüber für die Mengen freier Kohlensäure in denselben von größtem Belang, d. i. je nach den physikalischen Eigenschaften der Böden übt das Klima oder die Witterung unter übrigens gleichen Umständen einen sehr verschiedenen Einfluß auf die Zersetzungsprocesse im Boden und auf die Luftbewegungen in demselben aus.

Schon in Bezug auf die Ausnutzung der zugeführten Sonnenwärme verhalten sich die Böden sehr verschieden. So erwärmt sich z. B. Quarzsandboden bei höheren Temperaturen bis in größere Tiefen in viel stärkerem Grade als Thon und der Torf, während bei kalter Witterung die entgegengesetzten Verhältnisse eintreten. Die Zersetzung wird daher in dem Sande bei warmem Wetter intensiver, bei kaltem Wetter langsamer verlaufen müssen, als bei den übrigen Böden. Den bedeutendsten Einfluß, gleiche Bestrahlung selbstverständlich vorausgesetzt, übt die Pflanzendecke auf die Temperatur des Bodens aus[1]), und zwar in der Richtung, daß ein mit Pflanzen bestandener Boden bis in bedeutende Tiefen während des Sommers beträchtlich wärmer, im Winter kälter als der unbedeckte Boden von derselben Beschaffenheit ist. Demgemäß wird

[1]) Vergl. *E. Wollny*, Der Einfluß der Pflanzendecke und der Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin. 1877. *Wiegandt*, *Hempel* und *Parey*.

die durch Klima und Witterung gegebene äußere Temperatur auf den unbedeckten Boden in viel höherem Grade einwirken, als auf den mit einer Vegetation versehenen.

Ungleich größer als in der Temperatur sind die Unterschiede in dem Wassergehalt der Böden. Je nach der Größe der kleinsten Theilchen des Bodens und deren Zusammenlagerung ist bei gleicher Niederschlagsmenge der Feuchtigkeitsgehalt in der Vegetationsschichte ein sehr verschiedener. Mit der Feinheit des Kornes und der Dichtheit innerhalb gewisser Grenzen nimmt der Wassergehalt bedeutend zu und die Durchlässigkeit ab. Feinkörnige und humose Böden speichern daher das Wasser auf, und sind deshalb in Trockenperioden sehr viel feuchter, als grobkörnige und humusarme Böden, welche das atmosphärische Wasser nur in geringen Mengen zu fassen vermögen. Deshalb können Böden von letzterer Beschaffenheit bei trockener Witterung derart ausdörren, daß der Zerfall der organischen Stoffe dadurch bis auf ein Minimum herabgedrückt wird, während in Böden von höherer Wassercapacität unter solchen ungünstigen äußeren Verhältnissen die Zersetzungsprocesse entsprechend der Temperatur u. s. w. ungehindert von Statten gehen. Auch auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens hat die Vegetation eine sehr durchgreifende Wirkung. Indem die Pflanzen während ihres Wachsthums kolossale Mengen von Wasser verdunsten, welches sie dem Boden entnehmen, trocknen sie letzteren in ganz bedeutender Weise aus, während der unbedeckte Boden verhältnißmäßig viel geringere Wassermengen verliert. Daß durch Einflüsse solcher Art der Kohlensäuregehalt der Grundluft wesentlich alterirt werden muß, ist selbstverständlich, übrigens durch besondere Versuche des Referenten nachgewiesen worden[1]).

Schließlich wäre zu beachten, daß die Böden je nach ihrer physikalischen Beschaffenheit der Luftbewegung sehr verschiedene Hindernisse entgegenstellen, die bei Beurtheilung vorliegender Frage gleichfalls berücksichtigt werden müssen. Je grobkörniger der Boden ist, um so leichter kann die Luft in den Boden eintreten, um so energischer werden sich deshalb die organischen Stoffe zersetzen. Aber ebenso leicht kann die gebildete Kohlensäure an die Atmosphäre diffundiren und können die Bewegungen der Luft ihren Einfluß auf die vom Boden eingeschlossene Luft geltend machen.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 1—14.



Aus Vorstehendem ergiebt sich, daß die Atmosphäre nur mittelbar auf die Menge der freien Kohlensäure im Boden einwirkt und daß ihr Einfluß ein verschiedener sein wird, je nachdem die physikalischen Eigenschaften des Bodens einzelnen meteorologischen Elementen Vorschub leisten. So wird z. B. in einem Sandboden die in demselben auftretende Kohlensäuremenge nur in so lange mit der äußeren Temperatur wachsen, als noch genügende Mengen von Feuchtigkeit in ihm enthalten sind und die Luftbewegungen keine erheblichen Auswaschungen herbeiführen. Da aber diese Bodenart außerordentlich leicht austrocknet und sehr leicht durch Diffusion und Ventilation Kohlensäure in größeren Mengen an die Atmosphäre abgiebt, so kann leicht der Fall eintreten, daß trotz steigender Temperatur bei längerem Ausbleiben der atmosphärischen Niederschläge oder bei starken andauernden Winden der Kohlensäuregehalt der Bodenluft stetig abnimmt. Unter gleichen äußeren Verhältnissen wird sich ein bindiger, das Wasser gut zurückhaltender Boden ganz anders verhalten. Indem derselbe einen relativ viel gleichmäßigeren Wassergehalt besitzt und dem Austreten der Luft ungleich größere Hindernisse in den Weg stellt als der Sandboden, können sowohl die Niederschläge, als auch die Luftbewegungen keine erhebliche Wirkung auf die Kohlensäuremengen der Grundluft ausüben, und die Temperatur des Bodens wird für letztere fast ausschließlich ausschlaggebend sein, vorausgesetzt, daß der Untergrund durchlassend und der Boden nicht mit Pflanzen besetzt ist. Ist letzteres der Fall, dann kann allerdings die Wirkung der Temperatur bedeutend vermindert, in sehr vielen Fällen auf fast allen Bodenarten beseitigt werden und die Wasserzufuhr beinahe ausschließlich die jeweils im Boden auftretenden Kohlensäuremengen beherrschen.

Um dies zu verstehen, wird man sich vergegenwärtigen müssen, daß die Pflanzendecke im Vergleich zu einem nackten Boden die Temperatur und den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens bedeutend und hiemit die Wirkung zweier, für den Zerfall der organischen Substanzen wichtigen Faktoren herabdrückt. Tritt warme trockene Witterung ein, so ist die Entnahme des Wassers aus dem Boden seitens der Pflanzen eine so starke, daß Hand in Hand damit die Kohlensäureproduktion sich in außerordentlichem Grade vermindert. Letztere steigt erst wieder, wenn ergiebige Niederschläge den Boden gut durchfeuchtet haben, aber sie erreicht niemals die Höhe wie in dem brachliegenden Boden, weil hier die Tempe-

ratur eine sehr viel höhere ist. Zwei eklatante Beispiele[1]) dieser Art ist Referent in der Lage hier anzuführen. Im Jahre 1878 wurde ein Cylinder von 0,5 m Höhe und 50 l Rauminhalt mit humosem Kalksandboden gleichmäßig gefüllt und auf demselben durch Auflegen von Grasrasen, der bald anwuchs, eine Grasnarbe hergestellt. Im Jahre 1881 wurde in gleicher Weise verfahren, nur mit dem Unterschiede, daß der mit einer Pflanzendecke versehene Boden eine starke Stallmistdüngung erhielt. Folgende Zahlen geben den Kohlensäuregehalt der Bodenluft in 30 cm Tiefe an.

Datum 1878	Kohlensäuregehalt der Bodenluft	Lufttemperatur	° C.	Regenmenge mm
18. Mai	3,735	16.—20. Mai	16,36	8,08
25. »	1,137	21.—25. »	12,64	27,42
		26.—31. »	10,50	11,45
		1.—5. Juni	14,11	37,20
1. Juni	1,415	6.—10. »	13,79	10,05
8. »	3,809	11.—15. »	16,27	13,15
15. »	0,502	16.—20. »	12,81	4,52
22. »	1,386	21.—25. »	15,75	27,25
		26.—30. »	16,54	0,30
		1.—5. Juli	14,50	27,95
1. Juli	0,877	6.—10. »	16,16	26,40
8. »	2,455	11.—15. »	15,12	19,05
13. »	1,088	16.—20. »	15,49	—
20. »	2,334	21.—25. »	18,77	4,90
27. »	2,009	26.—31. »	15,49	52,10
		1.—5. Aug.	13,95	15,50
3. Aug.	4,019	6.—10. »	17,11	18,80
10. »	2,068	11.—15. »	18,31	12,50
17. »	1,831	16.—20. »	16,24	17,37
24. »	2,401	21.—25. »	14,81	34,65
31. »	4,009	26.—31. »	17,27	63,66
		1.—5. Sept.	13,79	3,40
7. Sept.	3,428	6.—10. »	17,29	11,15
17. »	0,640	11.—15. »	15,00	22,20
21. »	0,770	16.—20. »	13,72	3,18
		21.—25. »	10,27	8,42
		26.—30. »	10,04	46,50

Datum 1881	Kohlensäuregehalt der Bodenluft	Lufttemperatur	° C.	Regenmenge mm
20. April	17,70	21.—25. April	4,06	5,60
		26.—30. »	4,01	16,40
		1.—5. Mai	10,82	4,17
		6.—10. »	9,01	—
3. Mai	19,29	11.—15. »	6,04	5,75
21. »	13,86	16.—20. »	13,57	33,75
		21.—25. »	11,74	9,87
		26.—31. »	13,26	180,15
		1.—5. Juni	15,96	1,42
		6.—10. »	9,36	57,45
3. Juni	15,74	11.—15. »	11,76	5,25
18. »	11,70	16.—20. »	16,89	11,35
		21.—25. »	20,80	23,72
		26.—30. »	15,61	21,15
		1.—5. Juli	19,60	—
		6.—10. »	18,24	6,00
2. Juli	1,39	11.—15. »	19,29	—
18. »	1,26	16.—20. »	23,45	7,62
		21.—25. »	19,07	43,90
		26.—31. »	16,94	7,05
		1.—5. Aug.	20,12	3,37
		6.—10. »	20,64	—
4. Aug.	1,20	11.—15. »	16,14	6,40
18. »	1,45	16.—20. »	15,35	25,55
		21.—25. »	17,82	36,10
		26.—31. »	14,30	37,10
		1.—5. Sept.	12,87	19,77
		6.—10. »	13,90	8,70
2. Sept.	6,02	11.—15. »	12,66	1,90
16. »	3,52	16.—20. »	13,35	7,35
		21.—25. »	8,46	8,10
		26.—30. »	8,08	19,75

[1]) *J. Soyka* hat bei Besprechung der früher veröffentlichten Versuche des

Aus diesen Zahlen ersieht man mit voller Deutlichkeit, daß in einem Klima, wo sonst in dem brachliegenden Boden die Temperaturverhältnisse fast ausschließlich für die im Boden auftretenden Kohlensäuremengen maßgebend sind (siehe oben), in dem mit einer Vegetation bedeckten Boden die Niederschläge dessen Kohlensäuregehalt reguliren. Nur bei ausgiebigen Regen stieg die Kohlensäuremenge der Grundluft, so am 8. Juni, 3. und 31. August, 7. September in Versuch I, während die Temperatur so gut wie gar keinen Einfluß ausübte. In Versuch II nahm der Kohlensäuregehalt vom Frühjahr zum Sommer stetig ab, und erreichte im Juli bei höchster Temperatur das Minimum, weil die Pflanzen zu dieser Zeit dem Boden das meiste Wasser entzogen und die Niederschlagsmengen gering waren. Erst im August, wo ausgiebige Regen den Boden durchfeuchtet hatten, stieg wieder die Kohlensäurecurve. Ganz ähnlich, wenn auch nicht so drastisch, werden sich auch nackte Böden verhalten, die das Wasser leicht verlieren.

Aus allem bisher Angeführten geht unzweifelhaft hervor,

1) daß die bei der Entstehung und bei dem Austritte der Kohlensäure aus dem Boden betheiligten klimatischen und meteorologischen Faktoren in den mannigfaltigsten Kombinationen ihren Einfluß und je nach der physikalischen Beschaffenheit des Bodens in sehr verschiedener Weise geltend machen, und daß daher die Schwankungen in dem Kohlensäuregehalt der Grundluft zu jenen Natur-

Referenten (in dem Artikel: «Boden» aus der Realencyclopädie der gesammten Heilkunde von *A. Eulenburg*) die Behauptung aufgestellt, daß die Vegetation gewisse Stoffe im Boden, die sonst eine Quelle von Fäulniß und analogen Processen sind, für sich verwende und unschädlich machte und daß hierauf die Verminderung der Kohlensäuremenge in dem Boden seitens lebender Pflanzen zurückzuführen sei. Dies ist entschieden unrichtig, denn von einer solchen Thätigkeit der Pflanzenwurzeln im Boden ist bis jetzt Nichts bekannt geworden. Die Thatsache, daß die Pflanzen den Kohlensäuregehalt der Bodenluft herabdrücken, läßt sich ungezwungen durch die im Text und in dem oben citirten Werk geschilderten Wirkungen der Vegetation auf die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens erklären. Daß die Pflanzen eine wohlthätige Regulirung des Wasserstandes in der Weise bewirkten, daß der Wassergehalt des Bodens geringeren Schwankungen ausgesetzt sei, wie *Soyka* behauptet, ist ebenfalls nicht mit den thatsächlichen Verhältnissen insofern in Einklang zu bringen, als nach den Untersuchungen des Referenten (der Einfluß der Pflanzendecke u. s. w.) der Feuchtigkeitsgehalt in einem mit Pflanzen bestandenen Boden beträchtlich größeren Schwankungen unterworfen ist, als im brachliegenden Zustande desselben.

erscheinungen zu rechnen sind, die aus einer Komplikation verschiedener theils sich unterstützender theils gegenseitig aufhebender Ursachen und deswegen nicht aus einer einzigen Ursache erklärt werden können,

2) daß die Menge freier Kohlensäure im Boden von demjenigen Faktor hauptsächlich influirt wird, der bezüglich ihrer Bildung im Minimnm auftritt, hinsichtlich ihres Austrittes an die Atmosphäre das Uebergewicht über die übrigen gewinnt.

Neue Litteratur.

Vergleichende forstlich-meteorologische Beobachtungen im Kanton Bern. Mitgetheilt im Auftrage der Direktion der Domänen und Forsten von ***Fankhauser***, Kantonsforstmeister.

An den im Auftrag der Domänen- und Forstdirektion des Kantons Bern zu forstlichen Zwecken errichteten meteorologischen Stationen wurden vom Jahre 1869 ab fortlaufende Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse, in Monatsmitteln, sowohl in der schweizerischen Zeitschrift für das Forstwesen, als auch in den von *A. Forster* herausgegebenen Jahrbüchern des tellurischen Observatoriums zu Bern bisher veröffentlicht wurden. Nachdem diese Beobachtungen während eines Zeitraumes von 13 Jahren in stets der gleichen Weise durchgeführt wurden, dürfte es zweckmäßig sein, das Gesammtresultat zu berechnen und übersichtlich zusammenzustellen, zumal die Weiterführung der Versuche in Rücksicht auf deren lange Dauer als zwecklos betrachtet werden muß. Referent[1]) hat sich daher veranlaßt gefunden, das bisher gewonnene Material zu verarbeiten und die dabei gewonnenen Daten übersichtlich zusammenzustellen.

Was vorerst die meteorologischen Stationen selbst betrifft, so wurden drei Doppelstationen eingerichtet, von denen jede aus einer Station im Walde und einer solchen auf freiem Felde besteht und die im Kanton, mit Berücksichtigung der geographischen, physikalischen und geognostischen Verhältnisse, möglichst gleich vertheilt wurden, nämlich in die Forstkreise Oberland, Mittelland und Jura.

Der im Oberland gelegene Ort befindet sich zunächst bei Interlaken im sogenannten Brückwalde und auf dem daran anstoßenden, ebenfalls dem Staate gehörenden Brückgut, in einer Höhe von ca. 800 Meter über dem Meere. Die unteren Partieen des südlichen Abhanges des „Harders" einnehmend, hat dieser Bezirk eine mäßig geneigte Abdachung. Der geologische Untergrund gehört zur Neocomienbildung. Der Obergrund besteht aus einem mittelgründigen, sandigen, kalkhaltigen, humosen Lehmboden, der im Walde mit Nadelstreu bedeckt ist und im Freien bis dahin landwirthschaftlich benutzt wurde. Der Waldbestand, in welchem die Station errichtet wurde, besteht aus ca. 50jährigen Lärchen. Derselbe

[1]) Herrn Kantonsforstmeister *Fankhauser* in Bern erlaubt sich Referent für die freundliche Uebersendung des gesammten Beobachtungsmaterials an dieser Stelle seinen wärmsten Dank abzustatten.



ist etwas licht, wie solches Lärchenwälder bei ihrem natürlichen Vorkommen gewöhnlich sind.

Zu diesen Untersuchungen wurde die Lärche gewählt, einerseits weil sie häufig in natürlicher Verjüngung im Kanton Bern vorkommt, anderseits ihr Anbau im Oberland von besonderem Vortheil ist. Sie bietet um so größeres Interesse, als man anderwärts sicher nicht so leicht Gelegenheit haben wird, diesen Gebirgsbaum in den Kreis der Beobachtungen zu ziehen.

Im Mittelland fiel die Wahl auf den Löhrwald bei Herrenschwanden, ca. fünf Viertelstunden in nordwestlicher Richtung von der Stadt Bern gelegen. Die Station im Freien wurde auf einer außerhalb dem Walde, früher als Pflanzschule benutzten, jetzt aber gerodeten und landwirthschaftlich bebauten Fläche angelegt. Das Terrain inner- und außerhalb des Waldes ist eben, mit einer Erhebung von ca. 500 Metern über dem Meere. Der geologische Untergrund wird von Süßwassermolasse gebildet, während der Obergrund aus einem tiefgründigen, im Walde mit Moos bedeckten Lehmboden besteht. Der zum Beobachtungsort im Walde ausgesuchte Theil ist ein 40jähriger reiner Rothtannenbestand von gutem Schluß und Wachsthum. Da die Rothtanne im Kanton Bern die weitaus verbreitetste Holzart ist, so dürfte dieser reine Rothtannenbestand besonders zu den Beobachtungen geeignet sein. Diese Station bietet außerdem den Vortheil, daß sie sich leicht zu Vergleichungen mit der Sternwarte Bern benützen läßt.

Im Jura wurden die Stationen in dem in der Nähe von Pruntrut gelegenen Staatswalde „Fahy“ und auf einem an denselben anstoßenden Gute „Les Varadins“ des Herrn Chaffat von Pruntrut angelegt. Die Station im Freien liegt auf der Höhe des Plateaus von Bure, in einer Erhebung von 450 m über dem Meere, ganz in der Nähe des Pachthofes und hat eine beinahe unmerklich gegen Nordost geneigte Exposition. Der Boden, bis dahin als Mattland benutzt, ist tiefgründiger, ziemlich bündiger, in einem 50—60jährigen, gut geschlossenen, frohwüchsigen, reinen Buchenbestande. Der Boden hier mit einer Laubschicht bedeckt, zeigt ganz ähnliche Verhältnisse wie im Freien. Der geologische Untergrund beider Stationen gehört der mittleren Juraformation an, nämlich den Korallien.

Es werden nun auf allen diesen Stationen folgende Beobachtungen gemacht:

1) Ueber die Temperatur der Luft in dem Walde gegenüber der auf freiem Felde.
2) Ueber den Feuchtigkeitsgehalt der Luft in den Waldungen und außerhalb derselben.
3) Ueber die Wasserverdunstung innerhalb und außerhalb des Waldes, und zwar:
   a. bei einer freien Wasserfläche;
   b. bei einer Ueberdeckung von einem Fuß, ohne und mit Moos- und Grasdecke;
   c. bei einer Ueberdeckung mit einer Erdschicht von einem Fuß und mit Bestockung.
4) Ueber die Menge des in den Wäldern auf den Boden gelangenden Regenwassers gegenüber der Regenmenge an nicht bewaldeten Orten.
5) Ueber die Wassermenge, welche auf einer bewaldeten und nicht bewaldeten Fläche in den Boden eindringt und durchsickert.
6) Ueber die Schneemenge welche in den Wäldern, namentlich in den Nadelwaldungen, auf den Aesten der Bäume liegen bleibt.



7) Ueber die Temperatur des Waldbodens in verschiedenen Tiefen von 0; 0,3; 0,6; 0,9 und 1,2 m im Vergleich zu derjenigen, welche der Boden einer nicht bewaldeten Fläche hat.

8) Ueber die Temperatur der Bäume in Brusthöhe und in der Krone.

Außerdem wird täglich in die Tabellen eingetragen: die Bewölkung des Himmels, der Wolkenzug, die Richtung und Stärke des Windes. Unter Bemerkungen werden die Tage notirt, an welchen Regen, Schnee, Nebel, Reif, Thau, Duftanhang, Eis- oder Schneebruch, Gewitter, Hagel, Windfall u. s. w. eintrat.

Zu diesen Beobachtungen werden von den Mechanikern Hermann und Pfister in Bern gelieferte Instrumente benutzt.

Zur Beobachtung der Temperatur der Luft im Schatten werden Quecksilberthermometer von Geisler in Bonn benutzt, deren Skala in $^1/_5$ Grade nach Celsius eingetheilt ist. Sowohl im Walde als im Freien ist das Luftthermometer in einem hölzernen Gehäuse in einer Höhe von 3 m über dem Boden, wo also die von demselben zurückgeworfenen Wärmestrahlen keinen Einfluß mehr haben, placirt. Durch die mit Jalousien versehenen Seitenwände des Gehäuses werden zwar die direkten Sonnenstrahlen abgehalten, den Luftströmungen dagegen ist ungehinderter Zutritt verschafft.

Zur Ermittelung der Bodentemperaturen auf der Erdoberfläche und in den verschiedenen Tiefen benutzt man Quecksilberthermometer. Um dieselben auf die gewünschte Tiefe in die Erde versenken zu können, fügte man sie in Gips unten in Holzstäbe ein, die in eingegrabene, vertikalstehende Zinkröhren von der betreffenden Länge hinuntergelassen werden können. Bei der jeweiligen Beobachtung wird der Stab mit dem Instrumente herausgehoben, die Ablesung schnell vorgenommen und jenes nachher wieder hinuntergestellt. Zur Beobachtung der Temperatur auf der Bodenoberfläche wurde ein kleiner Pfahl eingeschlagen und an demselben das Thermometer in der Weise befestigt, daß die Kugel den Boden berührt.

Die Baumthermometer wurden je zu zweien in jeder Waldstation angebracht. Beide sind in demselben Stamme, das eine in Brusthöhe, das andere in der Baumkrone. Um das Thermometer von der äußeren Luft abzuhalten, umgab man dasselbe, soweit es im Baume steckt, mit einem zuschließenden, kleinen, hohlen Holzcylinder. Der aus dem Stamme hervorragende, sehr dem Zerbrechen ausgesetzte Theil wird durch ein kleines Blechgehäuse mit seitlichen Oeffnungen zum Ablesen geschützt. Eine starke oben im Baume angekettete Leiter ermöglicht ein leichtes und gefahrloses Beobachten des Baumthermometers in der Krone. In der Baumkrone ist, außer diesem Thermometer im Innern des Stammes, noch ein zweites angebracht, das zur Beobachtung der Lufttemperatur in dieser Höhe dient.

Die Höhe der Beobachtungen in der Baumkrone beträgt:

Im Brückwald bei Interlaken 15 m.
» Löhrwald bei Bern 9 m.
» Fahywald bei Pruntrut 14 m.

Für die Beobachtungen der Maxima- und Minima-Temperaturen eines Tages werden die Metallthermometer von *Hermann* und *Pfister* in Bern benutzt.

Mit diesen Instrumenten und dem gewöhnlichen Luftthermometer im gleichen Gehäuse zusammen befindet sich sowohl im Walde als auch im Freien zur Er-

mittelung der Feuchtigkeit ein *Saussure*'sches Haarhygrometer, dessen Skala nach Procenten des Feuchtigkeitsgehaltes eingetheilt ist.

Der Regenmesser ist sowohl auf freiem Felde als auch im Walde aufgestellt. Indem man ihn an letzterem Ort da placirt, wo die Aeste ungefähr den mittleren Bestandesschluß herstellen, erhält man durch Vergleichung der Resultate beider Instrumente die Quantität der Niederschläge, welche von den Aesten und Zweigen der Bäume aufgehalten wird.

Bei Schneefall stellt man einen blechernen, zwei Fuß hohen Cylinder in den Regenmesser, der zur Beobachtungszeit herausgenommen und durch einen anderen ersetzt wird. Die runde Auffangöffnung sowohl des Regen- als des Schneemessers beträgt 0,05 □m.

In jeder Station wurde sowohl im Walde als im Freien eine Grube von 10 Fuß Länge, 4 Fuß Breite und 5 Fuß Tiefe gegraben, deren senkrechte Wände man durch eine Verschalung mit Sperrholz vor dem Zusammenstürzen sicherte und die dazu dient, die Lysimeter und Atmometer zu placiren.

Die Lysimeter erstellte man Anfangs in Form von Blechcylindern, die unten mit einem Siebboden und einem Trichter mit Abflußröhre versehen waren.

Es stellte sich jedoch bald heraus, daß die eingefüllte Erde sich namentlich bei trockener Witterung dermaßen zusammenzog, daß das Wasser an den Wänden des Gefäßes hinunterfloß. Diesem Uebelstande hat man dadurch abgeholfen, daß man anstatt der Blechgefäße die Erde mit einem aus Thon gebauten Cylinder umgab, in dessen Grunde ein Sieb, sowie der Trichter zum Auffangen des durchsickernden Wassers angebracht wurde.

Die Verdunstungsmesser dienen dazu, die Wassermengen zu ermitteln, die von einer freien Waldfläche oder durch eine Erdschicht von 0,3 m Mächtigkeit verdunstet, je nachdem dieselbe gar nicht, oder mit Laub, Nadeln, Moos, Gras, jungen Nadel- und Laubpflanzen bedeckt ist. Sie bestehen aus einem runden Zinkblechkasten von 0,05 Oeffnung und 0,4 m Tiefe, der bei 0,3 m einen durchlöcherten Siebboden hat, auf dem die Erde bis zum Rand des Gefäßes eingefüllt wird. Der untere leere Raum steht durch eine Röhre mit einem ebenfalls zinkblechernen Wasserreservoir, nach Art der Oelbehälter der sogen. Studirlampen konstruirt, in Verbindung und wird durch dasselbe immer so weit mit Wasser gefüllt, daß eine beständige Berührung der Erdschichte mit der Flüssigkeit stattfindet, ohne deshalb einen Druck auf diese selbst auszuüben.

Durch ein Abflußrohr kann zu Ende eines jeden Monats das nicht verdunstete Wasser abgelassen werden, worauf man durch Vergleichung mit dem Eingegossenen die Menge des Verdunsteten erhält.

Zur Bestimmung der Verdunstung einer freien Wasserfläche dient ein Gefäß von derselben Weite, das, mit einem bestimmten Quantum Wasser gefüllt, der freien Luft ausgesetzt wird.

Auf allen drei Stationen befinden sich nun, sowohl im Wald als im Freien, je vier Gefäße mit Wasserreservoir, auf denen die Erde entweder gar nicht, oder wie oben angedeutet, bedeckt ist und je eines ohne Wasserbehälter. Alle sind dem ungehinderten Luftzuge ausgesetzt und nur durch ein kleines Dach vor den direkten Sonnenstrahlen und vor Regen und Schnee geschützt.

Die Beobachtungen sind für sämmtliche Quecksilberthermometer, für das Hygrometer und die Windfahne um 9 Uhr Morgens und 4 Uhr Nachmittags

gemacht worden; ebenso die Aufzeichnungen über die Niederschläge, Wolkenzug, Bewölkung u. s. w. Die Regenmengen wurden Nachmittags 4 Uhr gemessen.

Die bisher veröffentlichten Tabellen enthalten nur Daten, welche sich auf die oben angeführten Punkte 1, 2, 4, 5, 7 und 8 beziehen. In der nachfolgenden Zusammenstellung[1]) sind die Angaben über die Sickerwasser fortgelassen worden, weil dieselben nicht die geringsten Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen. Allem Anschein nach waren die Lysimeter in Unordnung gerathen; die vielen den bezüglichen Zahlen beigesetzten Fragezeichen deuten wenigstens hierauf hin.

In der Darstellung ist Referent in derselben Weise verfahren, wie *E. Ebermayer* in seinem bekannten Werke[2]) über denselben Gegenstand, um vergleichen zu können, in wie weit die Beobachtungsergebnisse der schweizerischen mit denen der bayerischen forstlichen Stationen übereinstimmen.

1. Einfluß des Waldes auf die Bodenwärme.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Bodentemperaturen in 0,3; 0,6; 0,9 und 1,2 m Tiefe für die meteorologischen Jahreszeiten, berechnet aus den Monatsmitteln zusammengestellt:

I. Station Interlaken.

Frühling.

Jahr	Bodentemperatur									
	Oberfläche		0,3 m		0,6 m		0,9 m		1,2 m	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	13,06	9,87	9,06	7,74	8,06	7,34	7,42	7,11	6,99	6,86
1870	12,87	10,18	8,36	7,04	7,43	6,56	6,74	6,16	6,31	5,74
1871	12,61	9,95	8,18	7,33	7,30	7,03	6,67	6,61	6,38	6,47
1872	12,36	9,63	8,68	7,27	7,75	7,01	7,21	6,67	6,94	6,38
1873	9,63	9,00	8,73	7,39	8,01	7,19	7,50	6,92	7,27	6,73
1874	11,90	8,51	8,12	6,72	6,92	6,62	6,50	6,30	6,37	6,27
1875	13,88	9,88	9,08	7,29	7,35	7,13	6,59	6,48	6,39	6,32
1876	10,89	7,92	8,59	6,86	7,00	6,84	6,49	6,44	6,34	6,38
1877	11,16	7,82	8,41	6,86	6,91	7,08	6,12	6,48	6,42	6,38
1878	12,37	9,06	9,14	7,50	7,47	7,54	7,20	6,64	6,56	4,92
1879	10,55	7,85	8,41	6,51	6,79	6,79	6,24	6,13	6,25	5,77
1880	13,38	9,77	9,99	7,64	8,71	7,60	7,18	5,96	6,89	6,02
Mittel	**12,05**	**9,12**	**8,73**	**7,18**	**7,47**	**7,06**	**6,82**	**6,49**	**6,59**	**6,19**

Sommer.

Jahr	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	21,83	17,55	17,36	14,66	16,30	14,06	15,40	13,47	14,44	12,77
1870	20,33	17,26	17,38	14,36	16,51	13,81	15,60	13,23	14,65	12,11
1871	19,88	15,94	15,73	13,50	14,77	13,00	13,84	12,29	13,16	11,72
1872	19,57	15,70	16,71	13,63	15,76	13,21	14,90	12,59	14,09	11,81
1873	21,41	17,03	17,17	14,71	15,92	14,03	14,98	13,19	14,09	12,58
1874	21,25	16,07	17,87	14,20	16,16	13,70	15,20	12,85	14,47	12,27
1875	21,76	16,54	17,73	14,42	15,43	13,95	14,94	12,90	14,17	12,57
1876	21,92	16,73	17,65	14,47	15,69	13,90	14,69	12,73	13,78	12,18
1877	21,53	16,98	17,70	14,79	15,70	14,33	14,38	12,96	13,81	11,67
1878	19,93	15,38	17,51	13,95	15,57	13,75	14,64	12,52	13,90	11,77
1879	21,10	16,05	17,33	13,76	15,31	13,48	14,16	12,14	13,36	11,37
1880	20,19	15,12	16,19	13,36	15,22	12,42	14,19	11,94	13,40	11,44
Mittel	**20,89**	**16,36**	**17,19**	**14,15**	**15,69**	**13,64**	**14,74**	**12,73**	**13,94**	**12,02**

[1]) Die Daten pro December 1872 standen dem Referenten nicht zur Verfügung, weshalb die pro Winter 1872/73 berechneten Zahlen nur das Mittel von Januar und Februar 1873 darstellen. — [2]) *E. Ebermayer*, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg. 1873.

Herbst.

Jahr	Bodentemperatur									
	Oberfläche		0,3 m		0,6 m		0,9 m		1,2 m	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	10,63	9,17	10,96	10,08	11,36	10,49	11,67	10,82	11,84	10,99
1870	9,60	8,85	10,31	9,22	10,68	9,50	10,95	9,79	11,28	9,82
1871	10,31	8,28	10,93	10,08	11,66	10,63	11,83	10,82	12,12	11,00
1872	11,34	9,75	11,73	10,53	12,25	10,73	12,45	10,89	12,65	10,78
1873	11,02	9,15	11,68	10,55	12,14	10,91	12,31	11,14	12,54	11,31
1874	11,24	9,11	11,70	10,25	11,62	10,78	11,85	10,86	12,38	10,94
1875	11,31	9,32	12,64	10,80	12,50	11,29	12,55	11,23	12,95	11,29
1876	11,32	9,10	12,26	10,30	11,82	10,89	11,99	11,48	11,16	10,82
1877	10,42	8,41	11,73	9,84	11,40	10,69	10,76	10,50	11,92	9,51
1878	10,60	8,70	11,75	10,05	11,46	10,80	11,67	10,58	12,17	10,43
1879	9,78	7,48	11,61	9,46	11,43	10,33	11,60	10,22	12,02	10,06
1880	11,19	9,00	11,70	10,17	13.51	10,23	12,04	10,48	12,16	10,55
Mittel	**10,73**	**8,86**	**11,58**	**10,11**	**11,82**	**10,61**	**11,81**	**10,73**	**12,09**	**10,63**

Winter.

1869/70	—1,24	—0,13	1,66	2,30	2,51	2,73	3,31	3,47	4,15	4,06
1870/71	—0,95	—1,07	1,00	1,91	1,95	2,66	2,64	3,33	3,58	3,97
1871/72	—0,42	—0,82	0,52	1,55	1,64	2,21	2,34	2,87	3,34	3,69
1872/73	1,31	1,37	2,37	3,07	3,32	3,64	3,93	4,26	4,71	4,66
1873/74	0,05	—0,19	1,85	2,69	2,74	3,43	3,47	4,10	4,40	4,81
1874/75	—0,56	—0,58	1,97	2,30	2,20	3,17	2,82	3,71	3,84	4,33
1875/76	—0,29	—0,42	2,18	2,44	2,33	3,21	2,86	3,72	4,31	4,25
1876/77	2,98	2,62	4,48	4,52	4,34	5,42	4,75	5,71	5,83	5,69
1877/78	0,23	0,22	2,57	2,64	2,67	3,71	3,07	4,02	4,20	3,79
1878/79	—0,26	—0,09	2,65	2,65	2,62	3,63	3,23	3,89	4,31	4,04
1879/80	—1,71	—2,03	1,34	1,10	1,59	2,29	2,16	2,65	3,35	2,99
1880/81	1,28	0,61	2,53	3,16	4,67	3,44	3,96	4,30	4,68	4,80
Mittel	**0,04**	**0,04**	**2,09**	**2,53**	**2,72**	**3,29**	**3,21**	**3,84**	**4,23**	**4,26**

II. Station Bern.

Frühling.

1869	10,57	7,65	8,57	5,47	8,18	5,15	7,68	4,85	7,37	4,91
1870	11,29	6,92	7,94	4,26	7,42	3,79	6,94	3,34	6,38	3,51
1871	11,68	7,57	8,46	4,26	8,00	3,81	7,66	3,40	7,14	3,55
1872	11,22	7,30	9,23	4,78	8,47	4,32	8,11	3,86	7,55	4,99
1873	10,60	6,56	8,90	5,43	8,30	5,09	8,02	4,76	7,56	4,84
1874	10,91	7,00	8,08	4,70	7,71	4,29	7,56	4,25	7,32	4,39
1875	12,02	7,39	8,29	4,43	7,73	3,81	7,52	3,66	7,10	3,77
1876	8,40	6,03	7,54	4,16	7,21	3,61	7,09	3,59	6,85	3,70
1877	8,18	6,01	7,99	5,07	7,66	4,68	7,64	4,69	7,36	4,86
1878	9,48	7,59	8,81	5,44	8,22	4,69	7,88	4,51	7,64	4,57
1879	7,56	5,50	7,34	4,30	6,97	3,91	6,78	3,90	6,62	4,09
1880	9,36	7,00	8,73	4,56	7,99	3,55	7,82	3,49	7,48	3,75
Mittel	**10,11**	**6,88**	**8,32**	**4,74**	**7,82**	**4,23**	**7,56**	**4,03**	**7,20**	**4,24**

Sommer.

Jahr	Bodentemperatur									
	Oberfläche		0,3 m		0,6 m		0,9 m		1,2 m	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	20,57	16,25	18,02	12,62	17,37	11,71	16,63	10,88	15,75	10,38
1870	21,36	16,54	18,35	13,10	17,83	11,92	17,30	10,81	16,08	10,23
1871	20,12	14,86	17,21	12,40	16,56	11,14	15,99	10,02	14,83	9,48
1872	20,25	15,70	18,16	12,96	17,26	11,68	16,69	10,61	15,52	10,01
1873	22,26	17,15	17,37	13,29	17,04	11,86	16,48	10,98	15,44	10,34
1874	20,36	16,69	17,97	13,35	17,19	11,91	16,85	11,14	15,87	10,54
1875	19,99	16,01	18,44	13,37	17,62	11,93	17,29	11,20	16,24	10,50
1876	19,95	16,85	17,98	13,19	17,10	11,53	16,82	10,72	15,66	9,97
1877	19,75	16,98	18,79	13,81	17,75	12,12	17,44	11,29	16,27	10,62
1878	18,34	15,83	17,82	13,08	16,92	11,68	16,37	10,98	15,81	10,40
1879	17,62	15,10	17,28	12,59	16,24	11,15	15,52	10,29	14,78	9,08
1880	17,27	14,31	17,56	12,70	16,61	11,32	16,12	10,45	15,27	9.79
Mittel	**19,82**	**16,02**	**17,91**	**13,04**	**17,12**	**11,66**	**16,63**	**10,78**	**15,63**	**10,11**

Herbst.

1869	9,62	7,75	10,45	8,59	11,39	9,22	12,10	9,37	12,50	9,60
1870	9,06	6,99	9,63	8,22	10,51	8,71	11,13	8,62	11,27	8,85
1871	8,89	6,90	10,70	8,59	11,64	9,26	12,35	9,24	12,61	9,46
1872	11,03	8,72	11,83	9,38	12,33	9,77	12,79	9,61	12,83	9,74
1873	10,09	8,39	10,94	8,91	11,78	9,44	12,31	9,68	12,68	9,89
1874	9,74	7,96	10,87	8,79	11,66	9,29	12,17	9,56	12,55	9,75
1875	9,25	8,32	11,73	9,38	12,49	9,73	12,95	9,99	13,24	10,14
1876	9,13	7,93	10,87	8,97	11,63	9,32	12,20	9,47	12,54	9,61
1877	8,43	7,24	10,32	8,27	11,12	8,95	11,87	9,25	12,38	9,50
1878	8,80	7,87	10,48	8,79	11,31	9,32	12,10	9,62	12,44	9,86
1879	7,65	6,48	10,14	8,10	11,01	8,67	12,00	9,16	12,19	9,33
1880	9,24	8,30	11,04	9,33	11,76	9,54	12,66	9,71	12,76	9,80
Mittel	**9,24**	**7,74**	**10,75**	**8,78**	**11,55**	**9,27**	**12,22**	**9,44**	**12,50**	**9,63**

Winter.

1869/70	—2,06	—1,91	0,63	1,38	1,81	2,34	2,92	2,81	3,66	3,58
1870/71	—4,13	—3,53	0,11	0,70	1,22	1,74	2,26	2,29	2,99	3,11
1871/72	—2,50	—2,75	0,28	0,18	1,16	1,20	2,14	1,78	2,93	2,67
1872/73	0,21	—0,48	1,60	1,75	2,14	2,73	2,89	3,13	3,59	3,86
1873/74	—1,27	—1,57	0,94	0,97	1,98	2,13	2,83	2,95	3,84	3,75
1874/75	—1,70	—1,26	0,77	0,87	1,73	1,83	2,45	2,57	3,42	3,36
1875/76	—1,55	—1,48	0,62	0,57	1,67	1,60	2,42	2,50	3,51	3,44
1876/77	1,85	1,61	2,75	3,29	3,42	3,83	4,13	4,32	4,90	4,87
1877/78	—0,66	—0,62	1,22	1,41	2,19	2,38	3,04	3,19	4,08	4,15
1878/79	—1,06	—1,77	0,96	1,36	1,87	2,13	2,86	2,88	3,50	3,68
1879/80	—3,60	—3,35	—0,88	—0,45	0,64	0,50	1,80	1,61	2,41	2,55
1880/81	0,67	0,51	2,02	2,24	2,86	3,06	4,13	3,84	4,60	4,54
Mittel	—1,32	—1,38	**0,92**	**1,19**	**1,89**	**2,12**	**2,82**	**2,82**	**3,62**	**3,63**

III. Station Pruntrut.

Frühling.

Jahr	Bodentemperatur									
	Oberfläche		0,3 m		0,6 m		0,9 m		1,2 m	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	10,54	8,46	7,50	6,04	7,00	5,94	6,90	5,71	6,78	5,70
1870	12,06	9,65	6,95	5,43	6,23	5,21	6,25	4,88	6,00	4,86
1871	11,65	9,66	7,79	6,06	7,20	5,83	7,12	5,57	6,87	5,57
1872	10,99	9,29	7,52	6,86	7,08	6,87	6,56	6,67	6,62	6,66
1873	11,04	8,71	7,83	6,61	7,32	6,50	7,06	6,45	6,91	6,36
1874	11,62	8,45	6,99	5,79	6,47	5,37	6,41	5,33	6,40	5,30
1875	12,66	8,78	6,99	5,61	6,24	5,11	6,09	4,99	6,05	4,90
1876	10,32	7,37	6,81	5,70	6,20	5,23	6,12	5,11	5,91	4,97
1877	8,20	6,46	7,08	5,78	6,56	5,44	6,56	5,49	6,85	5,44
1878	9,96	7,99	7,92	6,63	7,17	6,02	6,94	5,73	6,94	5,53
1879	8,98	6,28	6,07	4,95	6,03	4,62	5,63	4,64	5,70	4,52
1880	11,94	9,35	7,44	6,13	6,97	5,66	6,53	5,41	6,61	5,31
Mittel	**10,83**	**8,37**	**7,24**	**5,97**	**6,71**	**5,65**	**6,51**	**5,50**	**6,47**	**5,43**

Sommer.

1869	20,86	15,85	16,39	12,87	15,42	12,34	14,92	11,44	14,24	11,34
1870	23,19	17,68	17,16	13,60	16,07	12,90	15,65	11,76	14,69	11,47
1871	20,53	16,07	16,17	12,70	15,20	12,11	14,79	10,96	13,97	10,83
1872	20,86	16,03	16,39	13,56	15,46	13,16	14,68	12,17	13,92	11,92
1873	23,22	17,76	17,00	14,02	15,82	12,94	15,08	11,77	14,22	11,40
1874	22,76	16,74	16,63	13,50	15,56	12,56	14,90	11,42	13,67	11,19
1875	21,73	15,56	16,81	13,47	15,63	12,54	14,96	11,48	14,28	11,15
1876	21,06	16,70	16,78	13,52	15,39	12,52	14,78	11,36	13,70	10,86
1877	21,10	16,31	17,08	14,02	15,73	12,93	15,10	11,75	14,64	11,29
1878	19,54	14,74	16,53	13,15	15,38	12,31	14,82	11,36	14,32	10,96
1879	19,71	14,59	16,22	12,74	15,74	11,80	14,18	10,62	13,58	10,08
1880	20,01	15,01	16,02	12,97	14,43	12,09	14,20	10,96	13,79	10,65
Mittel	**21,21**	**16,08**	**16,59**	**13,34**	**15,48**	**12,52**	**14,84**	**11,41**	**14,08**	**11,09**

Herbst.

1869	10,05	8,46	10,52	8,97	11,18	9,63	11,70	9,86	12,20	10,25
1870	10,18	8,65	9,84	8,81	10,49	9,36	11,19	9,61	11,48	9,93
1871	9,08	8,08	10,42	9,00	11,09	9,71	11,94	10,03	12,22	10,37
1872	11,66	9,93	11,10	10,17	11,68	10,76	12,08	11,04	12,26	11,26
1873	10,45	8,47	10,68	9,63	11,32	9,97	11,89	10,37	12,24	10,77
1874	11,13	8,59	10,57	9,91	11,24	10,18	11,82	10,46	12,20	10,56
1875	10,89	7,76	11,73	9,74	12,04	10,07	12,54	10,43	12,75	10,54
1876	10,11	8,20	11,22	9,62	11,53	9,83	11,99	10,19	12,35	10,27
1877	9,20	7,39	10,63	8,99	11,03	9,33	11,59	9,79	12,17	9,94
1878	9,55	7,66	11,09	9,45	11,43	9,69	11,95	10,14	12,57	10,34
1879	8,36	6,26	10,71	8,79	11,10	9,08	11,74	9,59	12,29	9,81
1880	9,62	8,19	11,20	9,95	11,20	10,06	12,06	10,38	12,48	10,67
Mittel	**10,02**	**8,14**	**10,81**	**9,42**	**11,28**	**9,81**	**11,87**	**10,16**	**12,27**	**10,40**

Winter.

Jahr	Bodentemperatur									
	Oberfläche		0,3 m		0,6 m		0,9 m		1,2 m	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869/70	—1,57	—1,42	2,27	1,95	3,15	2,97	4,04	3,85	4,95	4,41
1870/71	—2,33	—1,88	1,70	1,46	2,63	2,54	3,84	3,62	4,54	4,18
1871/72	—0,36	0,23	1,24	1,46	2,03	2,36	3,28	3,36	4,09	3,95
1872/73	1,15	1,42	2,31	3,03	3,11	3,97	3,85	5,10	4,63	5,59
1873/74	—0,40	—0,21	1,73	2,00	2,69	2,64	3,72	3,87	4,48	4,32
1874/75	—1,14	—1,49	2,15	2,08	2,89	2,64	3,77	3,77	4,58	4,15
1875/76	—1,10	—1,85	1,42	1,32	2,23	1,96	3,30	3,26	4,22	3,88
1876/77	2,87	2,58	4,25	4,33	4,80	4,65	5,44	5,45	6,29	5,76
1877/78	—0,39	—0,80	2,26	1,41	2,93	2,64	3,86	3,83	4,89	4,20
1878/79	—0,48	—1,33	2,23	1,94	3,09	2,46	3,68	3,61	4,58	4,02
1879/80	—3,97	—3,87	0,46	0,42	1,01	0,93	1,92	2,42	3,52	3,12
1880/81	1,24	0,52	3,28	3,17	3,74	3,57	4,92	4,68	5,73	5,34
Mittel	—0,54	—0,67	2,11	2,05	2,86	2,78	3,80	3,90	4,71	4,41

Berechnet man aus vorstehenden Tabellen das Jahresmittel, so ergeben sich folgende Zahlen.

		Oberfläche	0,3 m	0,6 m	0,9 m	1,2 m
Interlaken	Im Freien	10,93	9,90	9,42	9,14	9,21
	Im Walde	8,59	8,49	8,65	8,45	8,27
	Differenz:	2,34	1,41	0,77	0,69	0,94
Bern	Im Freien	9,46	9,47	9,59	9,81	9,74
	Im Walde	7,31	6,94	6,82	6,77	6,90
	Differenz:	2,15	2,53	2,77	3,04	2,84
Pruntrut	Im Freien	10,38	9,19	9,08	9,25	9,38
	Im Walde	7,98	7,69	7,69	7,74	7.84
	Differenz:	2,40	1,50	1,39	1,51	1,54

Diese Zahlen zeigen zunächst, daß an einem und demselben Orte die jährlichen Mitteltemperaturen in den verschiedenen Bodenschichten, mit Ausnahme der obersten, nahezu gleich sind, ferner, daß die mittlere Jahrestemperatur des Waldbodens in allen Tiefen geringer ist, als die einer nicht bewaldeten Fläche. Bemerkenswerth ist es, daß letztere Unterschiede bei Wäldern mit immergrünen Bäumen (Bern) größer sind, als bei solchen, deren Bäume im Winter das Laub verlieren (Interlaken, Pruntrut).

Bezüglich der mittleren Bodentemperatur in den einzelnen Jahreszeiten zeigen die mitgetheilten Zahlen in Uebereinstimmung mit den von *Ebermayer* ermittelten:

1) daß im Frühjahr die Temperatur des Bodens sowohl im Freien wie im Walde von oben nach unten abnimmt,
2) daß zu dieser Jahreszeit der Boden eines geschlossenen Waldes durchgehends kälter ist, als der Ackerboden,

3) daß der Waldboden auch im Sommer eine niedrigere Temperatur besitzt als nicht bewaldeter,
4) daß die bezügliche Temperaturdifferenz zu letzterer Jahreszeit im Vergleich zu derjenigen in den übrigen Jahreszeiten weitaus am größten ist und daher der Wald bei uns im Sommer auf die Bodentemperatur einen viel größeren Einfluß ausübt, als zu jeder anderen Jahreszeit,
5) daß im Herbst, im Gegensatz zum Frühjahr und Sommer, die mittlere Temperatur des bewaldeten und nicht bewaldeten Bodens von oben nach unten zunimmt,
6) daß zwar der Waldboden auch im Herbst kälter ist, als der Boden im Freien, daß aber die betreffenden Differenzen viel geringer sind, als im Sommer,
7) daß im Winter ebenso wie im Herbst eine Zunahme der Bodentemperatur von oben nach unten stattfindet,
8) daß bewaldeter und nicht bewaldeter Boden im Winter nahezu die gleiche Temperatur besitzen und daher der Wald in dieser Jahreszeit keinen nennenswerthen Einfluß auf die Bodentemperatur äußert.

Der Einfluß der Belaubung auf die Bodentemperatur macht sich besonders im Frühjahr, Sommer und Herbst in den angeführten Daten mit voller Deutlichkeit bemerkbar. In diesen Jahreszeiten sind die Temperaturdifferenzen zwischen bewaldetem und nicht bewaldetem Boden auf der Station Bern viel erheblicher als auf den beiden anderen. Die Ursache dieser Erscheinung ist leicht zu verstehen. Der Boden der Lärchen- und Laubwälder kann im Frühjahr bei mangelnder Belaubung der Bäume besser von den Sonnenstrahlen erreicht werden und sich deshalb stärker erwärmen, als in dem Coniferenwald, wo die Bäume zu dieser Jahreszeit den Boden dicht beschatten und der Insolation desselben hinderlich sind. Dieser Zustand bleibt auch im Sommer mehr oder weniger bestehen, namentlich in den tieferen Schichten des Bodens, die mit einer niedrigen Temperatur in die wärmere Jahreszeit kommen und sich demgemäß weit schwächer erwärmen müssen, als die gleichen Schichten des unbedeckten, frei liegenden Bodens. Es erklärt sich hieraus einerseits die niedrige Temperatur der tieferen Schichten des Tannenwaldes gegenüber den gleichen des Lärchen- und Buchenwaldes während des Frühjahrs und der wärmeren Jahreszeit, andererseits der viel größere Unterschied in der Bodentemperatur des bewaldeten und nicht bewaldeten Bodens der Station Bern im Vergleich zu den auf den beiden anderen Stationen unter gleichen Verhältnissen ermittelten Temperaturdifferenzen.

2. Die Temperatur der Luft im Freien und im Walde.

Die Beobachtungen über die Lufttemperatur, welche im Walde und im Freien an den drei Stationen angestellt wurden, führten zu folgenden Ergebnissen:

Frühling.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	10,18	9,45	9,38	8,36	8,89	8,33
1870	10,45	9,98	9,70	9,03	9,63	9,29
1871	10,64	9,88	10,19	9,53	9,84	9,52
1872	10,67	10,12	10,03	9,30	9,64	9,15
1873	9,69	9,08	9,28	8,39	8,64	8,22
1874	9,81	8,87	9,41	8,16	8,84	8,32
1875	11,12	10,16	10,39	9,23	9,79	9,22
1876	8,84	8,04	8,31	7,22	8,01	7,72
1877	8,79	8,00	8,13	6,94	7,35	6,93
1878	10,20	9,24	9,61	8,40	9,13	8,51
1879	8,63	7,82	7,70	6,65	7,19	6,89
1880	11,21	10,31	10,87	9,64	10,12	9,94
Mittel	**10,02**	**9,25**	**9,42**	**8,40**	**8,92**	**8,50**

Sommer.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	18,62	17,34	18,51	17,24	17,72	16,20
1870	18,79	17,92	19,08	18,18	19,12	17,77
1871	18,19	16,70	18,15	16,94	17,61	16,21
1872	18,15	16,79	18,36	17,94	17,87	16,42
1873	19,94	18,20	20,37	18,63	19,79	18,16
1874	19,41	17,58	19,43	17,97	18,73	17,12
1875	19,28	17,45	18,98	17,39	18,41	16,57
1876	19,68	17,77	19,50	18,34	19,08	17,59
1877	19,88	18,15	20,08	18,37	19,18	17,42
1878	17,95	16,19	18,12	16,62	17,69	15,79
1879	18,80	16,89	18,45	16,89	17,40	15,83
1880	18,33	16,39	18,36	16,81	17,42	16,20
Mittel	**18,92**	**17,28**	**18,95**	**17,61**	**18,33**	**16,77**

Herbst.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	9,76	8,95	9,56	8,47	9,60	8,61
1870	9,28	8,78	8,69	8,30	9,63	8,82
1871	9,44	8,56	8,30	8,07	8,49	7,80
1872	11,19	10,47	10,88	10,12	11,08	10,24
1873	10,27	9,34	9,52	8,69	9,68	8,76
1874	10,59	9,53	9,85	8,57	10,47	9,84
1875	10,38	9,32	9,67	8,74	9,62	8,39
1876	10,43	9,39	9,71	8,75	9,96	9,06
1877	9,51	8,42	8,86	7,92	9,04	8,20
1878	9,86	8,78	9,14	8,28	9,38	8,50
1879	8,58	7,61	7,67	6,91	7,84	6,81
1880	10,39	9,42	9,89	9,10	9,76	9,23
Mittel	**9,97**	**9,05**	**9,31**	**8,49**	**9,55**	**8,66**

Winter.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869/70	-0,45	-0,40	-1,79	-1,86	-1,06	-0,96
1870/71	-1,10	-1,37	-2,61	-2,75	-1,83	-1,86
1871/72	-0,42	-0,52	-2,15	-2,42	0,79	0,76
1872/73	1,66	1,64	0,36	1,55	2,21	1,72
1873/74	0,72	0,04	-0,94	-1,35	0,61	0,44
1874/75	-0,30	-0,65	-1,54	-1,79	-0,70	-0,82
1875/76	-0,22	-0,56	-1,60	-1,56	-0,89	-0,89
1876/77	3,39	3,11	2,59	2,16	3,84	3,56
1877/78	0,41	-0,02	-0,38	-0,73	0,99	0,20
1878/79	0,11	-0,26	-1,31	-1,76	-0,14	-0,33
1879/80	-2,04	-2,37	-4,49	-5,26	-2,69	-2,69
1880/81	1,49	1,08	1,02	0,56	1,99	1,64
Mittel	**0,27**	**0,06**	**-1,07**	**-1,27**	**0,26**	**0,06**

Die mittlere Jahrestemperatur der Luft im Walde und im Freien berechnet sich hiernach, wie folgt:

	Interlaken	Bern	Pruntrut
Im Freien	9,79	9,15	9,26
Im Walde	8,91	8,31	8,50
Differenz:	0,88	0,84	0,76

Sonach ist in den Wäldern die mittlere Jahrestemperatur der Luft etwas geringer, als auf einer nicht bewaldeten Fläche von gleicher Lage. Dieses Resultat stimmt vollkommen mit dem von *Ebermayer* aus seinen Untersuchungen abgeleiteten überein. Dasselbe gilt von den hinsichtlich des Einflusses des Waldes auf die Lufttemperatur in den verschiedenen Jahreszeiten erhaltenen Ergebnissen vorstehender Beobachtungen. Diese thun dar,

1) **daß die Waldluft im Frühjahr durchgehends etwas kälter ist, als die Luft im Freien,**

2) daß die in gleicher Richtung sich geltend machenden Temperaturdifferenzen zwischen der Luft im Walde und der im Freien im Sommer am stärksten sind,
3) im Herbst sich wieder vermindern, und
4) im Winter mehr oder weniger verschwinden.

Demnach würde der Wald den größten Einfluß auf die Lufttemperatur während der wärmsten Jahreszeit ausüben, und zwar um so mehr, je heißer der Sommer ist.

Ebermayer hatte gefunden, daß die mittlere Lufttemperatur im Walde während des Winters um einige Zehntelsgrade kälter war, als im Freien. Auch in den vorliegenden Untersuchungen machte sich genau dasselbe Verhältniß bemerkbar, ein neuer Beweis für die große Uebereinstimmung zwischen den an den bayerischen und schweizerischen Stationen angestellten Beobachtungen.

3. *Die Temperatur der Waldbäume in Brusthöhe und in der Krone.*

Welche Bedeutung die Messungen der Baumtemperatur haben, hat *Ebermayer* (a. a. O. S. 121—123) bereits in ausführlicher Weise dargelegt. Ein nochmaliges Zurückgreifen auf diese Verhältnisse erscheint daher überflüssig und Ref. beschränkt sich deshalb an dieser Stelle lediglich auf die Zusammenstellung der betreffenden Mittelwerthe aus den in Rede stehenden Beobachtungen.

Temperatur der Bäume.

Frühling.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone
1869	8,24	8,77	6,98	7,19	7,58	8,59
1870	8,08	9,17	6,25	6,83	8,17	9,21
1871	8,39	9,08	6,51	6,98	8,24	9,03
1872	8,60	8,80	6,56	6,88	8,08	8,64
1873	7,94	8,05[1]	6,07	6,38	7,44	7,71
1874	7,51	8,08	5,86	6,70	6,99	7,92
1875	8,34	9,54	6,42	7,57	7,46	8,66
1876	7,14	7,41	5,15	6,11	6,47	7,50
1877	6,90	7,29	4,84	5,80	6,05	6,59
1878	8,00	8,57	6,42	7,34	7,57	8,22
1879	6,92	7,14	4,49	5,36	6,02	6,20
1880	9,04	10,01	6,96	8,07	8,79	9,17
Mittel	**7,92**	**8,49**	**6,04**	**6,77**	**7,40**	**8,12**

Sommer.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone
1869	15,65	16,48	14,95	15,46	14,49	15,53
1870	15,93	17,10	15,14	15,68	15,97	16,93
1871	15,15	15,82	13,76	14,46	14,55	15,55
1872	15,02	15,67	14,50	14,80	15,05	15,48
1873	16,30	17,57	15,98	17,01	16,09	17,56
1874	15,55	16,88	15,14	16,21	15,01	16,48
1875	15,74	16,85	14,92	15,89	15,26	16,02
1876	15,66	17,16	15,52	16,59	15,71	16,85
1877	16,21	17,62	15,75	16,83	15,89	16,92
1878	15,03	15,89	14,36	15,21	14,42	15,24
1879	16,03	16,48	14,41	15,35	14,65	15,04
1880	14,69	16,57	14,25	15,21	14,67	14,78
Mittel	**15,58**	**16,67**	**14,89**	**15,72**	**15,15**	**16,03**

[1]) Nach den Daten im Original müßte hier 4,05 stehen. Offenbar ist diese Zahl falsch, in Folge von Druckfehlern, welche in den Monatstabellen vom März und April stehen geblieben sind. Wahrscheinlich soll es dort heißen statt 0,49 und 0,74: 6,49 und 6,74. Letztere Zahlen hat Referent in obiger Tabelle zu Grunde gelegt.



Herbst.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone
1869	8,68	8,69	7,29	7,33	7,87	8,30
1870	8,23	8,56	6,51	6,45	8,00	8,51
1871	8,62	8,54	6,45	6,27	7,42	7,32
1872	9,93	6,87?	8,16	8,13	9,40	9,45
1873	9,49	9,36	7,84	8,33	8,06	8,40
1874	9,60	9,57	6,98	7,71	8,55	9,16
1875	9,66	9,29	7,41	8,05	8,02	8,31
1876	9,25	9,38	7,18	7,99	8,12	8,72
1877	8,77	8,42	6,31	7,05	7,42	7,49
1878	8,74	8,81	6,98	7,67	7,84	8,17
1879	7,95	7,69	5,77	6,30	6,97	6,88
1880	9,27	10,01	7,83	8,45	8,79	8,36
Mittel	9,01	8,77	7,06	7,48	8,04	8,28

Winter.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone	Brusthöhe	Krone
1869/70	-0,50	-0,23	-2,76	-2,47	-0,31	-0,54
1870/71	-1,56	-1,29	-2,23	-2,64	-0,77	-0,90
1871/72	-1,05	-0,79	-2,13	-2,40	1,95	0,87
1872/73	1,39	-4,99?	-0,94	-1,04	1,51	1,60
1873/74	0,28	0,32	-1,83	-1,41	-0,25	0,96
1874/75	-0,43	-0,31	-2,45	-1,88	-0,83	0,00
1875/76	-0,51	-1,07	-2,72	-2,20	-0,97	-0,36
1876/77	3,05	3,33	1,29	2,07	2,53	3,76
1877/78	-0,05	0,22	-1,65	-0,73	-0,24	0,17
1878/79	-0,26	-0,07	-2,38	-1,29	-1,28	-0,38
1879/80	-2,24	-2,23	-6,18?	-2,92	-3,09	-3,27
1880/81	0,80	1,70	-0,25	1,10	1,37	1,45
Mittel	-0,09	-0,45	-2,02	-1,32	-0,03	+0,28

Die mittlere Jahrestemperatur beträgt hiernach:

	Interlaken	Bern	Pruntrut
Brusthöhe	8,10	6,49	7,64
Krone	8,37	7,16	8,18

Wie man sieht, ist die Temperatur im oberen Stammtheil der Bäume im Jahresdurchschnitt höher als im unteren. Vergleicht man die Temperatur der Bäume mit derjenigen der sie umgebenden Waldluft (S. 326), so ergiebt sich, daß die Baumstämme sowohl in dem unteren wie oberen Theil eine geringere mittlere Jahreswärme als die umgebende Waldluft in gleicher Höhe besitzen[1])

Im Gegensatz zu den von *Ebermayer* gefundenen Resultaten war in den vorliegenden Versuchen die Baumtemperatur im Jahresdurchschnitt entweder ziemlich gleich der Bodentemperatur (S. 324) oder ein wenig höher als diese.

Ein Vergleich der mittleren Temperatur der Bäume in den einzelnen Jahreszeiten mit derjenigen der Waldluft unter gleichen Verhältnissen zeigt ohne Weiteres, daß die Bäume im Innern zu allen Jahreszeiten, selbst im Winter kälter als die umgebende Waldluft sind, sowie, daß die bezüglichen Temperaturdifferenzen am größten im Sommer, am kleinsten im Winter sind[1]).

Durch die mitgetheilten Beobachtungen ist ferner nachgewiesen, daß im Frühling und Sommer die Bodentemperatur niedriger, im Herbst und Winter höher ist, als die Temperatur der Bäume[1]).

4. *Einfluß des Waldes auf die Luftfeuchtigkeit.*

Die Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Walde und im Freien sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

[1]) *Ebermayer* gelangte zu genau denselben Resultaten. D. Ref.

Mittlere relative Feuchtigkeit der Luft in Procenten.

Frühling.

Jahr	Interlaken im Freien	Interlaken im Walde	Bern im Freien	Bern im Walde	Pruntrut im Freien	Pruntrut im Walde
1869	69,73	71,19	73,83	81,81	75,44	81,17
1870	62,31	65,51	68,70	80,39	67,52	73,15
1871	62,51	66,14	68,31	81,58	67,82	74,98
1872	63,97	66,83	75,17	84,06	72,81	73,19
1873	69,58	69,05	72,99	78,49	67,99	73,51
1874	63,19	63,87	69,20	77,36	70,78	76,25
1875	61,86	61,69	66,66	75,77	71,91	74,72
1876	48,29	67,53	73,08	77,96	—	—
1877	58,48	50,52	71,79	82,51	81,29	68.34
1878	57,71	56,41	65,41	77,26	68,41	69,03
1879	48,19	54,99	60,67	76,06	80,42	81,53
1880	43,49	49,59	65,81	73,37	70,19	73,52
Mittel	59,11	61,94	69,30	78,89	72,23	74,49

Sommer.

Jahr	Interlaken im Freien	Interlaken im Walde	Bern im Freien	Bern im Walde	Pruntrut im Freien	Pruntrut im Walde
1869	70,21	71,70	71,07	81,09	70,09	82,88
1870	63,86	70,32	66,34	80,06	62,73	76,81
1871	65,08	74,54	69,31	85,39	69,55	83,49
1872	68,41	78,48	77,07	82,09	70,77	78,68
1873	69,12	76,19	67,14	79,02	64,88	77,11
1874	67,97	73,63	68,12	79,25	71,32	89,66
1875	70,00	73,82	69,53	83,92	82,16	83,06
1876	51,77	71,50	64,02	71,65	45,88	47,07
1877	59,46	61.50	65,54	77,50	52,95	60,27
1878	58,99	63,53	70,82	76,53	62,79	66,06
1879	47,15	58,46	58,77	76,03	62,76	64,28
1880	44,15	56,77	69,61	77,25	69,45	78,40
Mittel	61,35	69,20	68,11	79,15	65,46	73,98

Herbst.

Jahr	Interlaken im Freien	Interlaken im Walde	Bern im Freien	Bern im Walde	Pruntrut im Freien	Pruntrut im Walde
1869	76,30	80,84	82,63	93,58	80,41	90,71
1870	74,01	78,91	84,69	95,34	77,53	81,34
1871	72,36	81,79	83,56	89,42	82,02	87,11
1872	71,69	78,31	84.98	90.85	75,05	80,69
1873	81,51	88,06	86,17	92,91	85,24	91,76
1874	72,76	75,94	82,08	91,41	82,08	88,83
1875	81,24	79,99	84,66	93,31	92,13	84,34
1876	67,97	78,66	81,67	91,48	88,75	91,24
1877	66,16	65,45	79,62	89,82	60,85	68,92
1878	59,08	62,66	80,33	89,51	—	—
1879	55,49	65,51	62,59	91,31	71,05	71,01
1880	54,21	62,13	77,37	90,80	77,84	83.03
Mittel	69,40	74,85	80,86	91,64	79.36	83,54

Winter.

Jahr	Interlaken im Freien	Interlaken im Walde	Bern im Freien	Bern im Walde	Pruntrut im Freien	Pruntrut im Walde
1869/70	79,21	79,47	86,93	94,39	89,06	86,61
1870/71	78,59	79,49	87,17	96,48	88,31	89,93
1871/72	76,67	80,52	83,49	89,96	81,36	80,71
1872/73	79,35	75.02	84,89	85,90	84,97	84,57
1871/74	81,27	78,02	89,20	94,79	85,61	87,67
1874/75	78,88	76,23	89,92	94,29	92,81	90,32
1875/76	75,16	77,59	92,45	95,37	87,87	83,46
1876/77	68,59	72,16	85,07	91,02	89.17	78,79?
1877/78	69,63	60,36	85,78	92,28	74,05	76,78
1878/79	58,39	62,90	84,67	93,77	—	—
1879/80	60,77	62,59	64.55	90,99	77,05	77,26
1880/81	54,22	60,45	73,93	89,63	76,51	82,96
Mittel	71,73	72,07	84,00	92,41	84,25	83,55

Jahresmittel:

	Interlaken	Bern	Pruntrut
Im Freien	65,40	75,57	75,32
Im Walde	69,51	85,52	78,89
Differenz:	4,11	9,95	3,57.

Diese Zahlen weisen nach, daß die Luft im Walde relativ feuchter ist, als die Luft im Freien, sowohl im Jahresmittel als auch in den einzelnen Jahreszeiten und daß daher der Wald das Klima eines Landes feuchter macht. Der Einfluß desselben ist aber auch in dieser Hinsicht wieder in den Sommermonaten weitaus am stärksten und macht sich bei immergrünen Bäumen (Bern) in bedeutend höherem Grade geltend, als bei solchen mit Laubfall (Interlaken, Pruntrut).

5. Verhältniß der gefallenen Regen- und Schneemengen im Walde und im freien Felde.

Ueber die Menge der wässrigen Niederschläge (Regen, Schnee u. s. w.), welche auf den Boden eines geschlossenen Waldes gegenüber einer nicht bewaldeten Fläche gelangen, geben die folgenden Zahlen Auskunft.

Regen- und Schneehöhe in Millimetern.

A. Während des ganzen Jahres.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Waldo
1869	1326,0	1152,6	1134,6	691,7	1750,9	1293,6
1870	1246,2	1125,8	1155,0	826,2	2805,6	2474,9
1871	1333,2	1257,5	1363,7	970,7	1425,8	1270,5
1872	1779,8	1608,7	1529,5	1177,6	1816,4	1707,5
1873	1835,3	1635,7	1180,5	847,0	1868,5	1663,0
1874	1407,8	1293,9	1086,7	848,5	1487,4	1248,0
1875	1561,8	1389,7	1529,8	1330,2	1861,7	1743,7
1876	1744,5	1590,9	1658,7	1328,7	1979,4	1874,2
1877	1900,2	1610,4	1407,2	1089,6	2240,5	1992,2
1878	1758,4	1226,6	1553,8	1305,1	2149,2	1949,3
1879	1597,6	1160,6	1622,1	1310,7	1694,3	1569,2
1880	1458,7	1045,4	1349,8	1085,4	2048,0	2019,7?
Mittel	**1579,1**	**1341,5**	**1380,9**	**1067,6**	**1927,3**	**1733,8**
Differenz	237,6		313,3		193,5	
In Procenten der Niederschlagsmenge im Freien	15,05		22,69		10,04	

B. Vom 1. April bis 31. Oktober.

Jahr	Interlaken		Bern		Pruntrut	
	im Freien	im Waldo	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
1869	857,9	698,3	708,7	478,1	1195,3	834,5
1870	881,7	956,9?	799,3	605,8	738,5	608,2
1871	989,0	999,8?	1051,0	759,9	1039,6	1022,0?
1872	1530,9	1357,2	1256,3	1013,4	1397,6	1320,2
1873	1538,1	1353,8	869,0	662,6	1271,6	1146,4
1874	1076,7	976,8	881,4	716,2	1097,3	889,7
1875	1294,4	1106,7	1369,6	1227,5	1594,3	1486,1
1876	1404,0	1240,8	1313,6	1079,3	1401,1	1344,4
1877	1385,0	1154,2	1018,2	792,1	1436,3	1286,3
1878	1489,1	960,3	1215,6	1083,7	1682,4	1514,1
1879	1217,7	816,0	1195,3	992,2	1068,8	990,7
1880	1147,0	790,3	1172,0	984,0	1588,2	1588,0
Mittel	**1234,3**	**1034,3**	**1070,8**	**866,2**	**1292,6**	**1169,2**
—	200,0		204,6		123,4	
—	16,20		19,10		9,55	

Hiernach erhielt im Gesammtmittel aller Beobachtungen der Waldboden 15,93% (Jahr) resp. 14,95% (vom 1. April bis 31. Oktober) weniger Wasser aus der Atmosphäre als das Ackerland. In den *Ebermayer'*schen Versuchen war der Unterschied bedeutend größer; er betrug durchschnittlich 26%. Diese Zahlen liefern indessen kein ganz zutreffendes Bild der in Wirklichkeit dem Waldboden zugeführten Niederschlagsmengen, weil in allen Beobachtungen diejenigen Wassermengen nicht gemessen wurden, welche an den Aesten und Baumstämmen herabfließen[1]). Abgesehen hievon ist die aus vorstehenden Zahlen sich ergebende Thatsache von Interesse, daß die während des ganzen Jahres belaubten Bäume von dem zugeführten Regen- und Schneewasser eine nicht unbeträchtlich größere Menge zurückhalten (Bern), als die nur während der wärmeren Jahreszeit belaubten (Interlaken und Pruntrut).

Ueberblickt man sämmtliche an den schweizerischen forstlich-meteorologischen Stationen gewonnenen Beobachtungsresultate, so weit dieselben nach Maßgabe des dem Referenten zur Verfügung stehenden Beobachtungsmateriales hier zur Mit-

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. III. 1880. S. 101—104.

theilung gelangen konnten, so ergiebt sich, daß dieselben mit den von *Ebermayer* in Bayern erhaltenen in den wesentlichsten Punkten eine große Uebereinstimmung zeigen. *E. W.*

***G. von Friesenhof.* Zur Frage über eine direktere Nutzbarmachung der meteorologischen Beobachtungen für die Bodenkultur.** Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteorologie. Bd. XVII. 1882. Jännerheft S. 6—10.

Verf. bemerkt zu den, den gleichen Gegenstand betreffenden Ausführungen *J. Hann*'s[1]) wörtlich folgendes:

„Ich greife aus dieser Abhandlung folgende zwei Sätze heraus. Erstens, daß die Beobachtungen, um die es sich hier handelt, zweierlei Art sind, nämlich solche, die von den Centralinstituten ausgehen können, und solche, die Spezialinstituten zuzuweisen wären, damit sie die an den Centralinstituten thätigen Meteorologen von ihrem präcise festgestellten Ziele nicht abdrängen, wobei *Hann* auf die von der internationalen agrar-meteorologischen Conferenz zu Wien (1880) in's Auge gefaßten agrar-meteorologischen Centralanstalten hindeutet. Zweitens, daß man eigentlich darüber noch nicht in's Reine gekommen ist, welche diese in Frage stehenden Beobachtungen sind, und vorerst hierüber in's Reine kommen sollte.

Dieser zweite Satz ist es vor Allem, dem diese Zeilen gewidmet sind. Ich bin ferne davon, die Frage kategorisch lösen zu wollen, und beanspruche für die Ansichten, die ich im Folgenden mittheilen will, durchaus nicht unbestrittene Giltigkeit; insoweit aber diese meine Ansichten hervorgegangen sind aus einer mehrjährigen Praxis eben auf dem fraglichen Gebiete, glaube ich, daß sie durchaus nicht ohne Interesse sein dürften, und ein nicht unerwünschter Beitrag für die berufenen Fachmänner, zur Lösung einer Frage, in welcher nach meiner vollen Ueberzeugung heute noch das meiste unklar und nur das wenigste apodictisch klargestellt ist.

Mein Beruf als Landwirth und mein Wohnsitz an einem zu einer lokalklimatologischen meteorologischen Beobachtungsstation besonders geeignetem Orte setzt mich wohl einerseits in die Lage in der gedachten Richtung unter günstigen Bedingungen thätig sein zu können. Anderseits gewährt mir die Unterstützung unseres landwirthschaftlichen Vereines, welcher der von mir geleiteten Station moralisch wie materiell unter die Arme greift, und vor Allem die kostenfreie Benutzung der Vereinsdruckerei für die Publikationen unserer Station, die Mittel dem vorgesteckten Ziele leichter zustreben zu können, als es bei anderen Collegen der Fall sein dürfte. Die hier benutzte meteorologische Station ist an sich eigentlich nur eine gewöhnliche Station zweiter Ordnung des ungarischen Beobachtungsnetzes; sie nennt sich aber meteorologisches Observatorium für das Neutrathal, weil ich mir die Aufgabe gestellt habe, das mir zur Verfügung stehende meteorologische Beobachtungsmaterial im Interesse der Bevölkerung so weit als es nur irgend möglich ist, praktisch auszunutzen, und so viel als nur irgend möglich das allgemeine Interesse für die Meteorologie zu wecken, ohne daß eine Ausnutzung derselben absolut unmöglich ist. Deshalb aber glaube ich, daß meine einschlägige Erfahrung nicht ohne allgemeineres Fachinteresse sein dürfte.

Daß das Beobachtungsmaterial einer gewöhnlichen Station zweiter Ordnung für die hier in Frage stehenden Ziele nicht ausreicht, ist selbstverständlich, es

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. V. 1882. Heft 1/2. S. 95—104.

ist auch ein weit umfangreicheres Material, über das ich verfüge, und bei alledem ist es noch lange nicht ausreichend. Die mir zur Verfügung stehenden Mittel genügen nicht, um die Armirung meiner Station bis zur gewünschten Vollständigkeit zu ergänzen und von der Regierung ist die erforderliche Subvention bisher noch nicht bewilligt worden, die Folge davon ist nun, daß ich in meinen Arbeiten bald hier, bald dort einen Mangel verspüre, aber wo ich selben empfinde ist hierin der Beweis gegeben für die Nothwendigkeit dieser Beobachtung. Bevor ich aber an die Aufzählung der Beobachtungselemente schreite, muß ich mich näher über das Feld meiner Thätigkeit ergehen, denn hierin liegt eben die Aufgabe der Agrar-Meteorologen.

Die agrar-meteorologische Conferenz zu Wien hat die Agrar-Meteorologie wohl richtig aufgefaßt, am treffendsten definirt selbe aber *Hann* in dem citirten Aufsatze. Sie theilt sich in zwei getrennte Gruppen, in klimatologische Studien und in die Wetter- und Ernteprognose. Ich möchte weiter gehen und theile sie in folgende Gruppen: 1) Klimatologie der Pflanzen; 2) Klimatologie der Gegend; 3) Meteorologische Lokalkunde; 4) Wetterprognose; 5) Ernteprognose. Jede dieser 5 Gruppen erfordert ein eigenes Studium, das in einer und derselben Person nur in den allerseltensten Fällen vereinigt werden kann, eine praktische agrar-meteorologische Thätigkeit muß sich aber gleichzeitig mit allen fünf Gruppen befassen. Stelle ich mir nun letztere als die Aufgabe einer agrar-meteorologischen Hauptstation vor, so folgt hieraus, daß eine solche nicht alle Aufgaben der Agrar-Meteorologie lösen kann, wie dies aus *Hann*'s Worten klar sich ergiebt. Im Folgenden halte ich mir eine agrar-meteorologische Hauptstation in meinem Sinne vor Augen, und will untersuchen wie selbe zu den einzelnen der fünf Gruppen sich zu stellen hat, wobei von selbst sich die Aufzählung der Elementarbeobachtungen ergeben wird, die dieser Spezialanstalt zufallen, sowie jener, welche von meteorologischen Centralinstituten veranstaltet, durch die agrar-meteorologische Station bloß zu verwerthen sein werden:

1. Unter Klimatologie der Pflanzen verstehe ich die Summe jener klimatologischen Elemente, welche nach oben sowohl wie nach unten die Grenzen der Cultivirbarkeit einer Pflanze ergeben mit spezieller Hervorhebung jenes Werthes, welcher dem Gedeihen der fraglichen Pflanze am zuträglichsten ist. Es ist klar, daß dieser letztere Werth kein absoluter sein wird. Ergiebt z. B. die Erfahrung, daß eine bestimmte Pflanze in einer Gegend von weniger wie 8 oder mehr wie 16° mittlerer Jahrestemperatur nicht gedeiht, so folgt hieraus noch nicht, daß 12° die entsprechendste Temperatur ist. In Lagen mit überheißen Sommern dürfte eine niedrigere, in solchen mit überkalten Wintern eine höhere Jahrestemperatur die geeignetste sein, aber auch unter gleichen Verhältnissen der Jahresextreme, wird die Vertheilung der Niederschläge, der Winde, der Insolation von Einfluß sein. Das Verhalten der Pflanze muß gegenüber jedem einzelnen Elemente, und zugleich unter den mannigfachsten Combinationen derselben studirt werden, d. h. mit anderen Worten, jede Culturpflanze will an allen Orten der Erde, wo sie überhaupt vorkommt, im Verhältnisse zu den meteorologischen Elementen erforscht werden. Dies ist eine Aufgabe, die selbstverständlich nicht einer lokal gebundenen Station zugewiesen werden kann, sondern die der freien Fachforschung der Pflanzenphysiologen zufällt. Was nun dieser hiezu an meteo-

rologischen Daten erfordert, läßt sich leicht präcisiren: Menge und Vertheilung der Niederschläge, der Temperatur, Winde und Bewölkung, schließlich noch der Insolation und des Thaues. Dies sind sämmtlich Elemente der allgemeinen meteorologischen Beobachtung, worunter bloß die beiden letzteren bis jetzt noch nicht aufgenommen sind, aus Gründen, die wir weiter unten zu bezeichnen Gelegenheit haben werden. Diese Daten sind zu entnehmen den Aufzeichnungen der nächsten meteorologischen Beobachtungsstation, brauchen aber nicht an Ort und Stelle eingeholt zu werden, sondern die finden sich in den Jahrbüchern der Centralanstalten, denen bloß empfohlen werden kann, ihre Publikationen möglichst vollständig zu veranlassen. Die agrar-meteorologische Station hat die Resultate dieser allgemeinen Klimatologie der Pflanzen bloß insoweit zu verwerthen, als sie das Verhältniß zu ermitteln sucht, in welchem die durch sie vertretene Gegend zu den Ansprüchen der Pflanzen steht, sie braucht hiezu die meteorologischen Daten ihrer eigenen Gegend, die ihr die eigene Beobachtungsstation liefert, von der wir sogleich sehen werden, daß selbe vorhanden sein muß, und ein wissenschaftliches Werk über die Klimatologie der Pflanzen. — Man kann von der agrar-meteorologischen Station begehren, daß ihr Vorstand, der sicher ein wissenschaftlich gebildeter Landwirth sein wird, d. i. der eine landwirthschaftliche Hochschule absolvirt hat, in der Publikation der Station das Publikum diesbezüglich belehre, doch kann man von ihm nicht fordern, daß er die einschlägigen Studien mache zur Ermittelung der Klimatologie der Pflanzen, denn hiezu hat er weder Zeit noch Gelegenheit, und vielfach auch nicht die Fähigkeit, denn ihn beansprucht völlig sein eigenes Fach, das auf der Physik beruht, nicht aber auf der Pflanzenphysiologie.

2. Unter Klimatologie der Gegend verstehe ich die ungleiche Vertheilung der einzelnen meteorologischen Elemente an verhältnißmäßig nahe gelegenen Orten. Diese Ungleichheit der Vertheilung ist für den Landwirth von allergrößter Wichtigkeit, denn sie bedingt das ungleiche Gedeihen derselben Pflanze an oft sehr nahe benachbarten Orten, in anscheinend ganz gleichen Lagen. Diese zu ermitteln ist meiner Ansicht nach eine Spezialaufgabe der agrar-meteorologischen Stationen, die von den meteorologischen Centralinstituten nicht gefordert werden kann. Letztere erstrecken ihre Wirksamkeit auf große Territorien, und können ihr Stationennetz unmöglich derart in's Unendliche vermehren, um den oben erwähnten Interessen dienen zu können. Die Inscenirung von derart engen und stationenreichen Beobachtungsnetzen, wie selbe nöthig sind, um die angedeuteten Unterschiede in der Vertheilung der meteorologischen Elemente darzustellen, muß man den speziellen agrar-meteorologischen Stationen überantworten, die einerseits auf kleineren Territorien wirksam, anderseits frei von den großen allgemein wissenschaftlichen Aufgaben der Centralanstalten, einzig hiezu befähigt erscheinen. — Wenden wir uns nun diesen engen Beobachtungsstationen zu, so hätten selbe mit Ausnahme des Luftdruckes eigentlich alle Beobachtungselemente zu umfassen. Dies durchzuführen ist aber in praxi einfach unmöglich, weil die entsprechenden Beobachter an den erforderlichen geeigneten Orten nur in der seltensten Zahl der Fälle vorfindlich sind, ganz abgesehen von den finanziellen Schwierigkeiten. Es wäre müßige Arbeit viel davon zu reden, und genügt es auszusprechen, daß, je mehr und je vollständigere Filialstationen die agrar-meteorologische Haupt-

station in ihrer Umgegend zu erwecken vermag, desto größer ihr Erfolg sein wird. Die wichtigsten Elemente, um die es sich hier handelt, sind nach meiner praktischen Erfahrung die folgenden: 1. Regenfall, womöglich mit Zeitangabe und Zug der Regenwolke. 2. Temperatur, jedoch bloß mittels Minimum-Maximumthermometer, weil die übrigen Angaben durch Expositionsmängel der Instrumente und ungenügende Pünktlichkeit in der Ablesungsstunde zu sehr bedenkliches Material liefern. 3. Genaue Notiz von Zeit und Zug der Gewitter, sowie über die Richtung der elektrischen Entladungen. 4. Schätzung des Thaues ob 0, schwach, mäßig, stark oder überstark. 5. Maximum der Lufttemperatur in der Sonne, zu welch' letzterer Beobachtung aber, wie wir sogleich sehen werden, die entsprechenden Instrumente heute noch mangeln. So ureinfach diese Beobachtungen sind, wird es dennoch sehr große Schwierigkeiten abgeben, diese durchzusetzen, und wird man sich vielfach mit ausschließlicher Regenmessung begnügen müssen. Mehr zu begehren wird nicht zum Ziele führen. — Die wissenschaftliche Umarbeitung des so gesammelten Materials, und die entsprechende Publikation desselben, sammt den daraus gezogenen klimatologischen Folgerungen wird eine Hauptaufgabe der agrar-meteorologischen Hauptstationen bilden.

3. Die meteorologische Lokalkunde unterscheidet sich von der Klimatologie der Gegend eigentlich nur in der Form, nicht im Wesen. Sie muß alle Elemente umfassen, die für die Agrar-Meteorologie Bedeutung haben, und nur weil es unmöglich ist, diese allerorts beobachten zu lassen, wird die Hauptstation sich größtentheils damit begnügen müssen, an ihrem eigenen Sitz eine völlig armirte Beobachtungsstation zu activiren. Die Beobachtungselemente dieser Station werden zu umfassen haben: 1. Den Luftdruck und dessen Schwankungen. 2. Die atmosphärische Feuchtigkeit. 3. Den Gang der Temperatur in normaler Exposition sammt dessen Extremen, ferner in der Sonne, zu welch' letzterem Zwecke leider unsere jetzigen Instrumente nicht entsprechen, ferner an geschützten Lagen, wie wir selbe heiklen Kulturpflanzen stellenweise gewähren können, endlich im Erdboden in verschiedenen Tiefen, und womöglich in den geringeren Tiefen auch bei verschiedenen Bodenbedeckungen. 4. Windstärke und Richtung. 5. Bewölkung mit spezieller Beachtung der hiedurch behinderten Insolation, zu welchem Zwecke es sich empfiehlt, statt der üblichen Schätzung nach $^1/_{10}$ der Bedeckung bloß zu unterscheiden: heiter, etwas bewölkt, mäßig bewölkt, stark bewölkt, fast ganz bewölkt und ganz bewölkt, nach Maßgabe der behinderten Insolation, und nicht für den Zeitpunkt der Notirungsstunde, sondern als Charakter der letztverflossenen Periode. Sehr empfehlenswerth ist in diesem Zwecke die Anwendung des Glaskugelactinometers. 6. Niederschlag. 7. Thau mit Benutzung eines Instrumentes. 8. Verdunstung, zu welchem Zwecke auch noch keine Einigung besteht über das empfehlenswertheste Instrument. 9. Ozon dürfte auch nicht zu vernachlässigen sein, weil seine Bedeutung in meteorologischer Beziehung noch nicht klar ist. Ich empfehle hiebei aber die Notirung der durch mich ermittelten Werthzahlen, die zu Vergleichen besser sich eignen. — Wolkenformen zu notiren halte ich für überflüssig, außer zu persönlichen Studien, die sich außerhalb der normalen Beobachtungen besser eignen dürften. — Weitere Vergleichsbeobachtungen sind nur zu speziellen Studien geeignet, daher nur lokal und zeitweise angezeigt, bis der Studienzweck erreicht ist, die vorstehenden Beobachtungen dagegen müssen unaus-

gesetzt fortgeführt werden, weil nur langjährige Beobachtungsreihen mit größerem Erfolge angewendet werden können und stimme ich hierin nicht überein mit *Hann*, wenn er meint, daß 10jährige Reihen genügen, weil bei längeren die Werthe der lokalen Unterschiede gegen die nächste allgemeine Station verschwänden, ganz abgesehen davon, daß ich manche Beobachtungen hier als dringend aufgeführt habe, die an den allgemeinen meteorologischen Stationen nicht vorgenommen zu werden pflegen.

Mit der Sammlung dieser Daten will ich die an der agrar-meteorologischen Hauptstation befindliche Beobachtungsstation betraut sehen, aber die eigentliche Aufgabe der Hauptstation wäre nach meiner Ansicht die continuirliche Vergleichung der heurigen Werthe gegen die bisher ermittelten Mittelwerthe und die entsprechende Veröffentlichung derselben unter gleichzeitiger Darstellung des Zusammenhanges zwischen den Schwankungen der meteorologischen Werthe für dieselbe Zeit und den Schwankungen in den Erscheinungen in der Pflanzenwelt, aber auch des Zusammenhanges zwischen den einzelnen Elementen untereinander. Bei dieser Gelegenheit möchte ich aber noch hervorheben, daß dieser Vergleich nicht auf Kalendertage bezogen werden sollte, wie dies gegenwärtig in den täglichen Publikationen der Centralanstalten in den Zeitungen stattfindet, weil es unbedingt keine Normaltemperaturen u. s. w. für die einzelnen Kalendertage giebt. Man muß hiezu etwas längere Perioden in's Auge fassen und bin ich sogar nicht völlig überzeugt, daß hiezu die Pentaden ausreichen, und will an unserer Station, wo ich vom 1. Jänner 1882 ab über 10jährige Mittelwerthe verfügen werde, einen einschlägigen Versuch mit Dekaden machen.

4. Was die Wetterprognose anbelangt, so ist dieses Kapitel der Fachwelt hinreichend bekannt, um hierüber nicht viel Worte verlieren zu müssen. Diese bedingen Behelfe wie bloß die meteorologischen Centralanstalten sie zu liefern vermögen. Anderseits handelt es sich aber um so genaue lokale Studien und Beobachtungen, daß nur ein Fachmann und nur für beschränkte Gebiete selbe ausgeben kann. Daß der Vorstand einer agrar-meteorologischen Station am ehesten diesen Bedingungen entsprechen wird, ist wohl unzweifelhaft, daher es naturgemäß erscheint, wenn die Ausgabe von Wetterprognosen gleichfalls zur laufenden Agende dieser Stationen gemacht wird.

5. Was schließlich die Ernteprognose anbelangt, so brauche ich Nichts zuzufügen zu den durch *Hann* hierüber gemachten Bemerkungen. Die vorstehenden Zeilen mögen in Kurzem darstellen, wie ich mir eine agrar-meteorologische Hauptstation und ihre Thätigkeit vorstelle, gegenüber den allgemeinen meteorologischen Hauptanstalten, und welche spezielle Thätigkeit ich zunächst für nöthig halte, um die Meteorologie für agrare Zwecke praktisch auszunutzen.»

F. Augustin. **Der tägliche Gang des Regenfalls.** Sitzungsber. d. k. böhm. Ges. der Wissenschaften vom 9. December 1881 und „der Naturforscher“, 1882. Nr. 21. S. 202.

Verf. hat die während der Jahre 1850—1869 angestellten stündlichen Regenmessungen dazu benutzt, um den täglichen Gang des Regenfalls für die Jahreszeiten und für das ganze Jahr zu berechnen. Mit diesen Resultaten verglich er dann die Ergebnisse aus der Berechnung der täglichen Periode an den Stationen Wien (Hann), Modena (Ragona) und Bern (Forster). Wenn nun auch bei der geringen Anzahl der berücksichtigten Stationen und der kurzen Dauer der Be-

obachtungszeiten (an den zuletzt bezeichneten Stationen) sich die allgemeine tägliche Periode des Regenfalls nicht mit voller Sicherheit ableiten läßt, so entbehren die hier gefundenen Thatsachen doch nicht eines allgemeineren Interesses.

Die Untersuchung über den täglichen Gang des Regenfalls in Prag hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

Der tägliche Gang der Regenmenge zeigt im Ganzen 3 Maxima und 3 Minima. Das Hauptmaximum erscheint einige Stunden nach dem Temperaturmaximum zwischen 4 bis 5 Uhr Nachmittags; im Herbst tritt es am frühesten, im Sommer am spätesten ein. Das 2. Maximum zeigt sich etwa 5 Stunden nach dem Hauptmaximum und zwar in allen Jahreszeiten zwischen 9 und 10 Uhr Abends; während das dritte Maximum um 9 bis 10 Uhr Vormittags beobachtet wird. Letzteres ist aber unbeständig, es kann schon um 6 bis 7 Uhr Morgens (Winter) eintreten, oder ganz fehlen (Sommer). Von den 3 Minima fällt das größte auf 4 Uhr Morgens, das zweite auf 7 bis 8 Uhr Abends und das dritte auf 11 Uhr bis Mittag.

Die Größe der Maxima ist von der Jahreszeit abhängig, und da Prag im Gebiete der Sommerregen liegt, erreicht das tägliche Maximum in dieser Jahreszeit den höchsten Werth, nämlich 10,5 mm. Das Hauptminimum ist gleichfalls im Winter am kleinsten und im Sommer am größten (4,8 mm). Die Amplitude der täglichen Periode ist aber nicht im Winter, der Jahreszeit der niedrigsten Regensumme, am kleinsten, sondern im Herbst, wo die tägliche Periode am schwächsten entwickelt ist.

Wie die Regenmenge, so zeigt auch die Regenhäufigkeit in ihrem täglichen Gang 3 Maxima und 3 Minima, die jedoch anders auf den Tag vertheilt sind. Das Hauptmaximum der Regenhäufigkeit fällt nämlich auf 7 bis 8 Uhr Abends und ist dabei so variabel, daß es im Herbst schon um 8 bis 9 Uhr Morgens, im Winter um Mittag und im Sommer um 3 bis 4 Uhr Nachmittags beobachtet wird. Die secundären Maxima der Häufigkeit liegen das eine zwischen 8 bis 9 Uhr Morgens, das zweite zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags. Das Hauptminimum tritt im Ganzen um 2 bis 3 Uhr nach Mitternacht ein und ist viel beständiger in seinem Erscheinen als das Maximum; die secundären Minima werden um Mittag und 4 bis 5 Uhr Nachmittags beobachtet.

Der tägliche Gang der Regenintensität stimmt mit dem der Regenmenge überein, während der tägliche Gang der Regenwahrscheinlichkeit mit dem der Regenhäufigkeit zusammenfällt.

Einiges Verständniß für diesen Gang der Regenmengen und Häufigkeit im Laufe des Tages liefert eine Vergleichung desselben mit den stündlichen Aenderungen der Temperatur. Verf. findet dabei, daß für den Gang des Regenfalls die Momente der kleinsten und größten Temperatur und dann die Momente der größten Zu- und Abnahmen der Temperatur während des Tages von Wichtigkeit sind, und zwar stehe das Morgenmaximum der Quantität und Häufigkeit des Regens mit dem Temperaturminimum in Verbindung, das Mittagsminimum des Regens mit den größten Temperaturzunahmen, das nachmittägliche Regenmaximum mit dem Temperaturmaximum und das Abendmaximum des Regens mit der größten Temperaturabnahme.

Diesen Zusammenhang erklärt Verf. in folgender Weise: Das Morgenmaximum verdankt seine Entstehung den Nebeln und Wolken, welche sich zur Zeit des Temperaturminimums durch die starke Erkaltung der Erdoberfläche bilden. Mit

aufsteigender Sonne werden die Nebel und Wolken aufgelöst und in der Zeit der raschesten Zunahme der Lufttemperatur zeigt die Regenmenge und Häufigkeit ein Minimum. Von Mittag an nahmen Häufigkeit und Quantität des Regens wieder zu in Folge des aufsteigenden Luftstromes, der sich mit steigender Temperatur bildet und Wasserdampf in höhere Luftschichten führt, wo derselbe leicht condensirt wird. Die Regenhäufigkeit erreicht so ihr Maximum mit dem der Temperatur, die Regenmenge hingegen etwas später bei schon beginnender Abkühlung der unteren Luftschichten. Vom Nachmittagsmaximum nehmen Häufigkeit und Menge des Regens ab mit sinkender Temperatur, sie fangen aber bald an zum 3. Maximum anzusteigen, wenn die Temperaturabnahmen größer werden und rasches Sinken unter den Thaupunkt erfolgt. Von diesem Abendmaximum nehmen die Niederschläge während der Nacht unter Einwirkung des herabsteigenden Luftstromes rasch und ununterbrochen bis zum Hauptminimum ab.

Die aus den übrigen eingangs erwähnten Stationen mit stündlichen Regenmessungen gewonnenen Resultate über den täglichen Gang des Regens werden dann mit den ausführlicher mitgetheilten Ergebnissen von Prag verglichen, und so nachstehende allgemeinere Schlüsse abgeleitet:

Der tägliche Gang sowohl der Menge als auch der Häufigkeit des Regenfalls zeigt überhaupt mehr oder minder deutlich 3 Maxima und 3 Minima, welche zu folgenden Epochen auftreten:

1. Minimum. Dieses erscheint im Mittel aller Stationen bei der Regenhäufigkeit in der Zeit von Mitternacht bis 1 Uhr, bei der Regenquantität etwas später, 2 bis 3 Uhr nach Mitternacht. Es ist an der Mehrzahl der Stationen das Hauptminimum sowohl im täglichen Gang der Quantität als der Häufigkeit des Regenfalls; nur in Bern bleibt es stets ein sekundäres Minimum.

1. Maximum. Im Mittel tritt dasselbe mit oder einige Zeit nach dem Temperaturminimum ein, bei der Regenhäufigkeit im Ganzen etwas früher um 6 bis 7 Uhr Vormittags, als bei der Regenquantität um 7 bis 8 Uhr Vormittags. Seine Eintrittszeit schwankt bei der Quantität zwischen 6 bis 10 Uhr Vormittags, bei der Häufigkeit zwischen 5 bis 9 Uhr Vormittags. Das Maximum der Quantität ist überall das ganze Jahr hindurch sekundär; das der Regenhäufigkeit nur im Frühling, sonst ist es mit Ausnahme Prags an allen den genannten Orten das Hauptmaximum.

2. Minimum. Dieses erscheint sowohl im täglichen Gang der Regenquantität als der Regenhäufigkeit im Ganzen um Mittag (auch 2 Std. Vor- oder 2 Std. Nachmittags). In Bern ist es stets das Hauptminimum des gesammten Regenfalls, an den übrigen Orten nur zeitweise entweder bei der Quantität oder der Häufigkeit; sonst bleibt es sekundär.

2. Maximum. Dieses Maximum wird im Mittel aller Stationen bei Quantität und Häufigkeit des Regenfalls beinahe gleichzeitig, und zwar einige Zeit nach dem Temperaturmaximum zwischen 4—5 Uhr Nachmittags (frühestens um 3 Uhr, spätestens um 6 Uhr) beobachtet. Mit Ausnahme Berns ist es an allen Stationen und in allen Jahreszeiten das Hauptmaximum der Regenquantität, das der Regenhäufigkeit nur zuweilen im Winter und im Sommer. In Bern verschwindet es entweder oder sinkt zum 3. Maximum herab.

3. Minimum. Dieses tritt bald nach dem 2. Maximum, im Ganzen etwa

um 7 Uhr Nachmittags ein. Es wird nur zuweilen im Herbst zum Hauptminimum der Regenhäufigkeit, übrigens ist es unbedeutend und verschwindet öfter.

3. Maximum. Im Mittel erscheint dasselbe bei der Regenhäufigkeit zwischen 8 und 9 Uhr Abends, bei der Regenquantität eine Stunde später zwischen 9 und 10 Uhr. Es wird wohl auf die größten Abkühlungen der Atmosphäre, welche im Ganzen um die Zeit von 7—8 Uhr Abends erfolgen, zurückzuführen sein und ist größtentheils sowohl bei der Häufigkeit als bei der Quantität des Regens sekundär; als Hauptmaximum tritt es auch im täglichen Gang der Quantität des Regens zu Bern und in dem Gang der Häufigkeit zu Prag; im Frühling ist das Abendmaximum der Regenhäufigkeit allerorts das Hauptmaximum.

Wenn auch die Anzahl der Extreme und ihre Eintrittszeiten im täglichen Gang des Regenfalls an den genannten Stationen im Gange nahe die gleichen sind, so ist dieser Gang dennoch nicht übereinstimmend, sondern verschieden in Folge der ungleichen Vertheilung der Hauptextreme, namentlich der Maxima. Der tägliche Gang der Regenhäufigkeit wird von dem der Regenquantität besonders dadurch abweichend, daß sich in jenem das Hauptmaximum größtentheils Morgens, in diesem aber Nachmittags einstellt. Betrachtet man die Erscheinungen des Regenfalls an den angeführten Orten gesondert, so findet man, daß sich bei beiden ein doppelter täglicher Gang kundgiebt.

Es erscheinen in der täglichen Periode der Regenquantität als Hauptextreme entweder wie in Prag das Morgenminimum und das nachmittägliche Maximum, oder wie in Bern das Mittagsminimum und das Abendmaximum. Im ersten Falle nimmt die Niederschlagsmenge mit der Lufttemperatur im Ganzen zu und ab mit Unterbrechungen zur Zeit oder nach den größten Wärmezunahmen und Wärmeabnahmen. Im zweiten Falle nimmt umgekehrt die Niederschlagsmenge im Ganzen ab und zu, während die Temperatur zu und abnimmt; erst von der Erreichung des Hauptmaximums an (einige Zeit nach den größten Wärmeabnahmen) nimmt auch hier die Niederschlagsmenge mit sinkender Temperatur ab. Unterbrechungen erfolgen um das Minimum und nach dem Maximum der Lufttemperatur. Während die beiden Aeste der Regenquantitätscurve für Prag nahe gleich lang sind, erscheint der aufsteigende Ast der Quantitätscurve für Bern bedeutend kürzer und steiler als der absteigende.

Der tägliche Gang der Regenhäufigkeit an den genannten Stationen ist hauptsächlich deshalb nicht übereinstimmend, weil an einigen das Hauptminimum um Mitternacht, das Hauptmaximum Abends, an anderen das Hauptminimum Mittags und das Hauptmaximum Morgens auftritt. An beiden Orten ist der aufsteigende Ast der täglichen Regenhäufigkeitscurve verhältnißmäßig sehr lang und mehrfach gekrümmt, der absteigende dagegen kurz und steil. Das Verhältniß der Hauptextreme in der Vertheilung der stündlichen Jahressummen der Niederschlagsmenge auf den Tag ist im Mittel aus 3 Stationen = 1,70. Von den Jahreszeiten hat der Frühling das größte 2,25 und der Herbst das kleinste Verhältniß = 1,60. Ueberhaupt ist dieses Verhältniß in den Jahreszeiten mit größerer täglicher Wärmeschwankung, Frühling und Sommer, größer als im Herbst und Winter. Das Verhältniß zwischen den täglichen Hauptextremen der Regenhäufigkeit beträgt im Ganzen 1,30 und ist am größten im Sommer = 1,47, am kleinsten im Herbst = 1,30.

H. Ziemer. **Ueber die größten Regenmengen eines Tages.** *Petermann's* Geographische Mittheilungen Bd. XXVII. S. 201—208. Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteorologie Bd. XVI. 1881. S. 444 und «Der Naturforscher» 1881. Nr. 28.

Ein praktisch höchst wichtiges Moment für die Klimatologie einer Gegend ist sicherlich die Kenntniß der Extreme der Niederschläge, weil auf diese in erster Reihe Rücksicht genommen werden muß bei der Anlage von Dämmen, Brücken, Wegen, Schleusen u. s. w., und auch in der Landwirthschaft ist schon von vielen Seiten hervorgehoben worden, wie wichtig die Kenntniß der zeitlichen Vertheilung bestimmter Regenquanta ist. Gleichwohl ist bei den statistischen Erhebungen über die Regenmengen auf die Feststellung der Tagesextreme bisher noch wenig Rücksicht genommen; und hiefür kann die für viele Gegenden aus langen Beobachtungsreihen ermittelte, größte monatliche Regenmenge keinen Ersatz bieten, denn es können sehr wohl Monatsmaxima ohne Ueberschwemmungen vorkommen, wenn diese größte Niederschlagsmenge sich auf den ganzen Monat vertheilt, während Monate, in denen verhältnißmäßig durchschnittlich weniger Regen gefallen, dadurch gefährlich werden können, daß er sich auf einige oder wenige Tage concentrirt.

Um diese Lücke auszufüllen, hat *Hermann Ziemer* aus dem ihm zugänglichen Beobachtungsmaterial die Ermittelung der größten Regenmengen eines Tages für Deutschland unternommen.

«Zunächst ist es eine bekannte Thatsache, daß ein Regentag oder wenige Regenstunden an einem Orte oft mehr Wasser liefern, als 20 Regentage an einem andern, der vielleicht nur wenige Meilen von ihm entfernt, unter demselben Meridian liegt, aber andere lokale Verhältnisse aufweist. Allein auch an ein und demselben Orte übertrifft die 24stündige Regenmenge oft die eines ganzen regnerischen Monats.

Nirgends tritt die Unregelmäßigkeit der Regenverhältnisse in unseren Breiten so sehr hervor, als bei der Betrachtung der Maxima des Niederschlags für einen Tag. Wir werden als besonders beachtenswerth weiter unten zeigen, daß weder in der tropischen noch in der gemäßigten Zone die Tagesmaxima und Jahresmaxima nothwendig räumlich zusammenfallen, daß das größte Tagesquantum hier wie dort nicht ausschließlich im Gebiete des Jahresmaximum liegt.

Zeigt sich ferner die Vertheilung der Niederschläge schon unregelmäßig, wenn man sie nach den Jahreszeiten zusammenfaßt und ist diese Anomalie noch viel mehr erkennbar, wenn man die außerordentlich wechselnde Regenhöhe der einzelnen Monate und Jahre vergleicht, oder wenn man die Menge der Regentage dem Gesammtquantum der Niederschläge gegenüberstellt, so liegt es völlig außer dem Bereich der Möglichkeit, bestimmte Werthe als Maxima der möglichen Regenfälle in 24 Stunden für einen Ort hinzustellen, wie dies trotzdem noch immer in einzelnen meteorologischen Werken geschieht. Nur mit realen Werthen, nicht mit ideellen Schätzungen, welche jeden Augenblick durch neue Thatsachen illusorisch werden können, läßt sich hier rechnen. Wie wenig verläßlich und wie verbesserungsbedürftig derartige Annahmen und Notizen sind, mögen folgende Beispiele zeigen».

In den Lehrbüchern, welche überhaupt Zahlenangaben für die möglichen Maxima der 24stündigen Regenmengen bringen, ist für Deutschland dieses Maximum auf 80 mm fixirt. Die Unhaltbarkeit dieser Schätzung beweist ein Regenfall, welcher am 7. September 1880 in Colberg eintrat und von *Ziemer* beobachtet

worden ist. Gegen 3½ h. p. m. entlud sich daselbst mit Wolkenbrüchen und Hagel ein heftiges Gewitter, das in kaum einer halben Stunde 28,2 mm niedersandte; diesem folgten, nach 2stündiger Pause mit leichtem Regen, von neuem drei verschiedene Gewitter, welche sich unter einem stundenlang andauernden, unerhört heftigen Regen entluden. Um Mitternacht hatten diese Gewitter ausgetobt, und es betrug die in dieser Zeit von 6—7 Stunden niedergefallene Regenmenge 102 mm, d. h. mehr als ein Sechstel der jährlichen Regenmenge Colbergs. Diese Beobachtung beruht auf keinem Irrthum in der Messung; denn abgesehen davon, daß der benutzte Regenmesser vorschriftsmäßig konstruirt und aufgestellt war, hat auch ein anderer, von der Seewarte gelieferter und beim Oberlootsen aufgestellter Regenmesser in dieser Zeit fast dasselbe Resultat, nämlich 101,5 mm ergeben.

Dieser Colberger Regenfall von 102 mm Höhe am 7. September 1880 ist bis jetzt der zweitstärkste in ganz Nord- und Mitteldeutschland, mit Ausnahme des Harzes, beobachtete und einer der stärksten der in ganz Deutschland bisher ermittelten, wenn man die Kürze der Niederschlagszeit berücksichtigt. *Ziemer* beweist dies durch tabellarische Uebersichten der hervorragendsten Tages- und Stundenmaxima, die er aus den glaubwürdigsten Quellen gesammelt und nach Gegenden geordnet zusammengestellt hat. Maxima unter 40 mm pro 24 Stunden sind unberücksichtigt gelassen, und in einer besonderen Tabelle sind noch die Maxima der Regenmengen, die in einer Stunde beobachtet sind, zusammengestellt.

Ein Blick auf diese Tabellen lehrt, daß die 102 mm Colbergs in Nord- und Mitteldeutschland nur von Breslau übertroffen werden, welches am 6. August 1858 ein Tagesmaximum von 114,6 gab, während 29 andere Stationen nur Tagesmaxima zwischen 40,2 und 90,3 mm hatten. Vom Harz ist es bekannt, daß der namentlich an der Westseite desselben sich verdichtende, feuchte Südweststrom dort den größten Theil seiner Feuchtigkeit absetzt, und dementsprechend zeigt Clausthal neben einem Jahresmaximum von 1487 mm ein Tagesmaximum von 115 mm und der Brocken ein Jahresmaximum von 1290 und ein Tagesmaximum von 126,7 mm. In ähnlicher Lage befinden sich in Süddeutschland Friedrichshafen am Nordufer des Bodensees und Höchenschwand im Schwarzwald, welche mit 115,4 resp. 126,2 mm Tagesmaximum das Maximum Colbergs übertroffen haben, aber freilich auch viel bedeutendere jährliche Regenmaxima besitzen.

An der Südseite der Alpen nehmen die Tagesextreme sehr bedeutend zu; man trifft hier Tagesquanta, welche mit den mittleren jährlichen Werthen in keinem Verhältniß stehen. Letztere sind gewöhnlich nicht höher wie die betreffenden Werthe für den Harz und den Schwarzwald, trotzdem sind die täglichen Regenfälle in den südlichen Alpen ergiebiger und Mengen über 40 mm häufig, über 60 mm nicht ungewöhnlich, über 80 und selbst über 100 mm stellenweise jährlich beobachtet (Laibach, Comer See, Triest, Mailand, Lugano, Genf u. s. w.). Es gehört hier nicht zu den Seltenheiten, daß einzelne Tagesmengen die Hälfte oder gar zwei Drittel durchaus nicht niedriger Monatsmengen ausmachen. Die Lage dieser Orte gegen die feuchten Südwestwinde erklärt diese Erscheinung ausreichend und macht es auch begreiflich, daß selbst noch tiefer im Gebirge sehr starke heftige Regengüsse auftreten können, z. B. am St. Gotthard an den drei Tagen vom 5. bis 7. Oktober 1880 zusammen 254 mm.

Aus einer Zusammenstellung von Daten aus außereuropäischen Orten erhellt

zunächst, daß auch auf dem Ocean nicht unbedeutende tägliche Maxima beobachtet werden.

Die größten Tagesmengen sind aber nicht in den Tropen, sondern während der Tornados und in Alpengebieten, welche den Meeren ihre Kondensationsflächen entgegenstellen, beobachtet worden. Die höchste Tagesmenge überhaupt liefert Purneah in Ostindien mit 889 mm und diesem zunächst steht Catskill (am Hudson) mit einem Tagesmaximum von 487 mm, das wahrscheinlich während eines Tornado gefallen.

Die Tabelle der stündlichen Maxima lehrt, daß man auch in Europa und speziell in Deutschland Regenschauer erleben kann, welche den zwischen den Wendekreisen beobachteten gleichen. Man findet z. B. für die Laongoküste als größte in einer Stunde gemessene Regenmenge am 11. November 1874 in Chinchoxo 36,78 mm, und in Königsberg in Preußen sind am 16. Juni 1864 in $^{3}/_{4}$ Stunden 55 mm Regen gefallen. Nur das bleibt als charakteristische Thatsache bestehen, daß so heftige Schauer in alpinen und tropischen Regionen leichter und häufiger stattfinden können. Es genüge aber hier der Nachweis, daß sie auf diese nicht beschränkt bleiben.

«Schließlich sei noch das Resultat verzeichnet, daß das größte Tagesquantum der Regenmenge, wie die Tabellen zeigen, während der Monate Mai bis Oktober, wenigstens in Deutschland, fällt, und zwar gelegentlich der Gewitter. Vorzugsweise begünstigt der Spätsommer in Deutschland verheerende Regenströme. Hier tritt das Maximum derselben ein, während ein Minimum in den Wintermonaten stattfindet. Nicht beobachtet sind bei uns größere Tagesmengen in den Monaten November, Januar, März, April. Der März ist überhaupt nach allen von sämmtlichen Erdtheilen vorliegenden Berichten, soweit die bedeutenden Maxima in Frage kommen, fast ganz unvertreten. Die Praxis endlich möge insbesondere bei gewerblichen und industriellen Anlagen in Deutschland ihren die Niederschläge berücksichtigenden Rechnungen ein Tagesmaximum in Höhe von mindestens 100 mm, ein Stundenmaximum von mindestens 50 mm zu Grunde legen». —

Hann bemerkt in der Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie 1881, Bd. XVI, S. 444, zu vorstehender Abhandlung, daß dieselbe nicht vollständig sei und vielfach unrichtige Daten enthalte. So liegt z. B. für Wien ein offenbarer Irrthum vor, indem der 17. Mai 1851 mit 83,5 mm, der 16. Mai auch mit 95 mm angeführt werden. Es fielen am 16. Mai = 71,7 mm, am 16. und 17. zusammen 98 mm. Zu Hermannstadt fielen am 4. August 1851 73 mm, am 6. 137 und am 7. 62 mm, in Summe an 2 Tagen also nahe 200 mm. Zu Salzburg maß *Fritsch* selbst am 14. August 1864 71,5 mm und am 15. noch 75,3 mm. Sehr wahrscheinlich sind aber schon höhere Maxima dort gemessen worden.

Wir führen noch folgende Maxima an, die sich bei unserem Autor nicht finden: Brünn 7. August 1857, 96 mm, Kremsmünster 15. Juli 1855, 108 mm, Panscowa 15. Juli 1860, 155 mm, Triest 6. Oktober 1849, 140 mm, St. Jacob 27. September 1861, 174 mm, Raibl 20. August 1864, 166 mm und 13. September desselben Jahres 175 mm, Ragusa 17. August 1859, 218 mm. Aus neuester Zeit führen wir noch an: 4. August 1880, Ostrawitz 179 mm (am 3. und 4. zusammen 279) und Roznau 200 mm. Zu Budapest sind am 26. Juni 1875 103 mm an einem Tage gefallen, und bald darauf am 31. Juli 1878 sogar 108 mm.

Als eines der größten verbürgten Maxima muß das vom Bernhardin am 28. September 1868 gelten mit 254 mm; aus neuerer Zeit kommen hinzu für die Schweiz Rorschach am 11. Juni 1876, 188 mm, Uster (Kanton Zürich) am 3. Juni 1878, 142 mm. Für Montpellier gelten nach *Martius* als Maximum 233 mm am 11. Oktober 1862 in 7 Stunden.

Bei den außereuropäischen Ländern wären nachzutragen die Regenmaxima in New South Wales 15. Oktober 1844 zu South-Head (bei Sydney) 518 mm in 22 Stunden, 29. April 1841 ebenda 511 mm, am 28. März 1871 in Newcastle 269 mm in $2^1/_2$ Stunden.

Wir führen noch an, daß zu Batavia am 10. Januar 1867 in einer Stunde 97,3 mm fielen.

von Dankelmann macht dann in derselben Zeitschrift darauf aufmerksam, daß im Quaterley Journal 1880, p. 183 der Fall erwähnt wird, daß zu Purneah, am Fuße des Himalaya, am 13. September 1879 eine Regenmenge von 889 mm gemessen worden ist.

Lancaster giebt als Maximum des in Belgien bisher an einem Tage gemessenen Regens an 150,8 mm (gefallen zu Löwen am 7. Juni 1889).

Im Oktober 1872 fielen in Italien ungewöhnliche Regengüsse, zu Mesma am 4. 231 mm, zu Oropa am 5. 180 mm, am 6. 216 mm und am 7. 209 mm. Die Monatssumme erreichte in Oropa 176 cm.

Am 6. August 1857 floß der Regenmesser zu Scarborough über, obgleich er 241 mm faßte. Am 9. Juli 1870 fielen bei Todmorden mindestens 229 mm.

Der größte tägliche Regenfall zu Bombay war der am 27. Juli 1869 mit 389 mm.

Am 4. und 5. März 1873 fielen in Durban (Natal) 165 mm Regen, am 15. April 1856 sogar 303 mm in 24 Stunden.

***C. Christoni.* Ueber die Bildung des Thaus.** Annali della meteorologia. 1881. und «Der Naturforscher» 1881. Nr. 45. S. 425 und 426.

In den Annali della meteorologia 1881 hat *C. Christoni* eine größere Abhandlung über den Thau publicirt, in welcher er eine ausführliche Darstellung der verschiedenen Theorien von *Aristoteles* bis *Wells* giebt und dann eingehend und kritisch die in neuester Zeit publicirten Untersuchungen über diese Frage behandelt. Dann beschreibt er seine eigenen Versuche, giebt eine große Anzahl von hiebei erzielten Zahlentabellen und schließt seine Abhandlung mit einem zusammenfassenden Kapitel «über die Thaubildung», welches im neuesten Heft von «Il nuovo Cimento» (Ser. 3. Toms X. p. 58) abgedruckt ist und hier in Uebersetzung folgt:

«1) Nachdem ich die verschiedenen Thatsachen aufgezählt, welche die Erscheinung der Thaubildung begleiten und nachdem ich gezeigt, wie sein stärkeres oder schwächeres Niederschlagen auf einem Körper außer von allgemeinen Bedingungen auch von speziellen Ursachen abhängt, die sich auf die Stellung dieses Körpers beziehen, glaube ich, daß es sich deutlich ergeben, wie schwierig es ist, eine absolute Theorie der Thaubildung aufzustellen. Wir müssen uns vielmehr begnügen, die Ursachen zusammenzufassen, welche auf seine Bildung Einfluß haben, und müssen gleichzeitig hervorheben, daß dieselbe stattfinden kann, auch wenn nicht gleichzeitig all' diese Ursachen vorliegen, und daß sie zuweilen auch erfolgt, wenn selbst nur eine einzige von ihnen sich verificirt.



2) Und vor Allem glaube ich, daß die bedeutendste Ursache der Thaubildung die massenhafte Emission von Wasserdampf aus dem Boden ist, der am Tage von den Sonnenstrahlen überhitzt wird und der auch während der Nacht in den oberflächlicheren Theilen eine Temperatur behält, die um einige Grade höher ist als die der darüberliegenden Luft. Rechnet man hiezu die Emission des Wasserdampfes von den Blättern der Pflanze, bevor sich auf ihnen der Thau ablagert, so begreift man leicht, welchen großen Einfluß auf die Menge des Thaus jene ganze Masse von Wasserdampf haben kann, welche sich zu dem hinzufügt, der vor dem Sonnenuntergang bereits in der Atmosphäre vorhanden war. Man wird daraus leicht begreifen, wie die Luft wenige Stunden nach Sonnenuntergang sich in dem Zustande befindet, der als Feuchtigkeitsmaximum bezeichnet wird, und wie daher der Wasserdampf sich niederschlagen muß auf Körpern, die aus irgend einer Ursache eine Temperatur von auch nur ein hunderstel Grad unter der der umgebenden Luft besitzen.

3) Die Umkehrung der Temperatur in den sich folgenden Schichten der Luft in der Nähe der Erde hat einen sehr großen Einfluß auf das Niederschlagen des Thaus und besonders auf seine Bildung an Körpern in der Nähe des Bodens und auf sein successives Indiehöhesteigen. Da nämlich in Wirklichkeit die relative Feuchtigkeit der Luft auch eine Funktion der Temperatur ist, so folgt daraus, daß die erste Luftschicht, als die kältere, auch die erste sein wird, welche das Feuchtigkeitsmaximum erreicht. Und ebenso wird auch in der zweiten Schicht, sowohl wegen der Abnahme ihrer Temperatur, wie durch die Aufnahme von neuem Wasserdampf, der ihr von der ersten Luftschicht überliefert wird, hieraus folgen, daß sie nach kurzer Zeit gleichfalls sich im Feuchtigkeitsmaximum befindet und dadurch wird die Thauablagerung in ihr erleichtert sein. Wiederholt man dieselbe Betrachtung für die folgenden Schichten, so wird man leicht die Erklärung finden für das successive Indiehöhesteigen des Thaus während der Nacht.

4) Eine andere Ursache der Ablagerung des Thaus auf den Pflanzen und auf fast allen Körpern ist das Sinken ihrer Temperatur um einige Grade unter die der umgebenden Luft wegen der Strahlung gegen den Himmelsraum, wenn der Himmel heiter und die Luft ruhig ist. Dieses Sinken der Temperatur bewirkt es, daß auf diesen Körpern eine Thaubildung stattfindet, noch bevor die Luft ihr Feuchtigkeitsmaximum erreicht hat.

5) Eine andere Ursache ist ferner die zuerst von *Della Casa* bezeichnete und die von ihm «epipolica» genannt wurde, das heißt, daß die verschiedene physikalische und chemische Beschaffenheit der Körper es bewirkt, daß der Thau sich früher und reichlicher ablagert auf dem einen als auf dem andern Körper.

6) Was den Einfluß der Elektricität betrifft, der von *Zantedeschi* behauptet worden, so scheint mir bis jetzt ein solcher nicht angenommen werden zu können, da er nach meinen Versuchen als zu vernachlässigend, wenn nicht Null scheint. Andere Versuche, die ihn etwa bestätigen, kenne ich nicht.

7) Aber es ist, wie ich angeführt habe, für die Bildung des Thaus nicht nothwendig, daß sich gleichzeitig alle oben genannten Bedingungen erfüllen; denn es genügen z. B. die Emission des Wasserdampfes von der Erde und die Umkehrung der Temperatur, um die Bildung des Thaus zu veranlassen, wie man sich leicht überzeugen kann an den niedrigeren Kräutern einer Wiese in den

Nächten, welche dauernd neblig bleiben, und in denen daher die Strahlung nicht zur Geltung kommt.

Ebenso würde, wie wir es zuweilen, wenn auch selten, sehen, für die Bildung des Thaus die nächtliche Strahlung allein genügen, auch wenn in der Atmosphäre nur jene Menge von Wasserdampf bleiben würde, welche in ihr vor dem Sonnenuntergang vorhanden gewesen; dies beweist die Ablagerung von Thau auf den inneren Wänden eines Kolbens, der während des Tages der Sonne exponirt gewesen und hermetisch mit einem Gummipfropfen verschlossen worden, einige Minuten vor Sonnenuntergang. Und durch die Strahlung bedingt ist die verhältnißmäßig größere Thauablagerung auf dünnen Körpern als auf dicken; da bei den letzteren die Abkühlung durch die Strahlung ausgeglichen wird durch die innere, während des Tages angehäufte Wärme. Es findet hierin ihren Grund die Behauptung von *Bellani*, daß auch ein trockener Sandstein sich mit Thau bedecken kann.

8) Die besondere physikalische oder chemische Beschaffenheit eines Körpers kann nach meiner Meinung allein und unabhängig von allen anderen Ursachen nicht die Ablagerung von Thau veranlassen, sondern sie trägt nur bei zu seiner Menge. Von dieser meiner Behauptung jedoch würden Ausnahmen bilden die sogen. austrocknenden Körper.

Endlich will ich bemerken, daß die Theorie *Mellonis* von der Aktion und Reaktion nicht erklärlich wäre bei einem der Vegetation beraubten Boden, und daß zu gewagt die Behauptung von *Tyndall* sei, daß der Thau nur veranlaßt werde von dem Wasserdampfe, der in der Luft beim Sonnenuntergang vorhanden ist.

9) Zum Schlusse meine ich, daß es nicht überraschend erscheinen wird, daß ich in dieser Abhandlung kein Wort vom Reif gesprochen habe. Vor allem nämlich habe ich aus für mich besonderen Umständen nicht die nothwendigen Beobachtungen und die erforderlichen Versuche während der Bildung des Reifes machen können; und zweitens scheint es mir nach den wenigen Beobachtungen, die ich über die Bildung des Reifes machen konnte, in keiner Weise zulässig, wie es viele behaupten, daß der Reif nichts anderes sei als gefrorener Thau. In der Bildung des Reifes liegt eine Erscheinung der Krystallisation vor und ziemlich sicher auch ein zweites Phänomen besonderer Orientirung der Moleküle; denn ich habe mich überzeugt, daß die Reifnadeln, die sich auf den Aesten der Bäume bilden, im Allgemeinen gerichtet sind nach einem und demselben Theile. Daher kann man behaupten, daß, wenn auch eine Beziehung vorhanden ist zwischen Thau und Reif, diese Beziehung nicht so einfach ist, wie man im Allgemeinen glaubt.

Ich schließe nun diese Abhandlung mit der Bemerkung, daß ich nicht das letzte Wort gesprochen zu haben glaube über die Erklärung der Erscheinung des Thaus. Indem ich eine Zusammenfassung der Arbeiten machte, welche bis jetzt über diesen Gegenstand publicirt worden, hatte ich kein anderes Ziel, als denen die Mühe, alle jene Arbeiten wieder lesen zu müssen, zu erleichtern, welche ein ernstes Studium über die Bildung des Thaus aufnehmen wollen, über welchen Gegenstand ich vielleicht ein wenig ausführlicher war als nöthig gewesen. Indem ich meine wenigen Versuche anführte und meine Anschauungsweise über diesen Gegenstand auseinandersetzte, dachte ich nur daran, klarzulegen, daß die Erklä-

rung des Phänomens des Thaus nicht so einfach ist, wie man allgemein annimmt und ich werde mich für meine Mühe belohnt betrachten, wenn ich durch diese Abhandlung einen Befähigteren veranlaßt haben werde, ernstlich diese Untersuchung in die Hand zu nehmen.»

L. Hüpke. **Beiträge zur Physiographie der Gewitter.** Aus dem Programm der Realschule in der Altstadt. Bremen 1881 und Zeitschrift der österr. Ges. für Meteorologie. 1881. Bd. XVI. S. 533.

Der Verfasser giebt zunächst eine Statistik der Gewitter zu Bremen nach den Beobachtungen zwischen 1829—1880, also durch 52 Jahre. Die Mittelzahlen sind:

Mittlere Zahl der Gewittertage.

Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Jahr
0,3	0,2	0,3	0,2	0,6	2,3	2,6	3,8	2,2	0,8	0,2	0,1	13,6

Die größte Zahl der Gewittertage, 24, hatten die Jahre 1837 und 1867, die kleinste, 4, das Jahr 1864.

Wenn man die 52 Jahrgänge in 4 Perioden von je 13 Jahren zerlegt, erhält man folgende mittlere Frequenz der Gewittertage 15,6, 9,5, 15,3, 14,0.

Der Verfasser bespricht dann die wahrscheinlichen Ursachen der jährlichen Periode der Gewitter, den fraglichen Zusammenhang der Gewitterfrequenz mit den Sonnenflecken und verbreitet sich über die Entstehung und die Form des Auftretens der Gewitter überhaupt. Dann folgt ein interessantes längeres Kapitel über die Wirkungen des Blitzschlages. Es werden aus der ältesten bis in die neueste Zeit eine große Anzahl von Blitzschlägen in und um Bremen geschildert.

Die Gefahr, durch Blitzschlag getödtet zu werden, scheint auf den norddeutschen Niederungen viel größer zu sein als im gebirgigen Süddeutschland, trotz der geringeren Häufigkeit der Gewitter. Nach den statistischen Erhebungen in Preußen zwischen 1870 und 1879 sind dort jährlich 109 Personen vom Blitze erschlagen worden (66 Männer und 43 Frauen), das ist eine Person auf je 250,000. In Oldenburg kam zwischen 1875 und 1879 sogar eine Tödtung auf je 167,000 Einwohner und für Bremen und Umgebung dürfte dies Verhältniß auch gelten. Es werden dann Blitzschläge auf Thiere, auf Gebäude überhaupt, Schulhäuser, Windmühlen, Wohnhäuser, Scheunen, Flaggenstangen, Telegraphenanlagen, Schiffe und Bäume eingehender beschrieben. Es wird hierauf die Zunahme der Blitzgefahr besprochen und die Blitzableiterfrage erörtert.

Mit Hülfe eines vom Herrn Forstmeister *Feye* in Detmold seit 1874 sorgfältig gesammelten Materials untersucht der Verfasser die Abhängigkeit der Blitzschläge von der Bodenbeschaffenheit. Zwischen 1874/80 wurden durch 197 Blitzschläge 239 Bäume getroffen. Auf Baumarten vertheilt (zwischen 1878/80) jährlich 25,7 Eichen, 4,7 Buchen, 1,3 andere Laubhölzer und 11,3 Nadelhölzer.

Nach Bodenarten ist die relative Häufigkeit der Blitzschläge, wenn Kalkboden = 1 gesetzt wird, Keupermergel 3, Thonboden 7, Sand 14,5 und Lehmboden 38. Zu ähnlichen Ergebnissen führt die Vertheilung der Holzarten in den *Lippe*'schen Forsten. Mit Rücksicht auf die bestandenen Flächen erhält man, wenn die Blitzgefahr der Buche = 1 gesetzt wird, für die Eiche etwa 34, die anderen Laubhölzer 12, die Nadelhölzer 9. Diese relative Immunität der Buche hängt wohl damit zusammen, daß sie den trockenen Boden am meisten bevorzugt, wäh-

rend die Eiche Lehm mit sandiger Beimengung liebt. Die Größe der Blitzgefahr hängt wohl auch bei Gebäuden zum großen Theile von der Bodenunterlage ab. Diese Untersuchungen verdienen im größeren Umfange fortgesetzt zu werden.

Nach den Schilderungen des Verfassers scheint es, daß die größte Zahl der Gewitter in Bremen und Umgebung mit einigen Blitz- und Donnerschlägen vorüberzieht und zur Klasse der sogenannten Wärmegewitter gehört, die lokalen Charakters sind. Desungeachtet sind Blitzschläge in die Erde, Bäume und Gebäude relativ häufig, ja von Gewittern mit bloß einer Entladung werden zündende oder tödtende Blitzschläge angeführt. Die baumarmen Niederungen und der feuchte Boden (hoher Stand des Grundwassers) begünstigen offenbar die Entladungen zwischen Wolke und Erde.

P. Sorauer. **Hagelschlag am Getreidehalm.** Oesterr. landw. Wochenblatt. 1882. Nr. 1. S. 2.

Untersuchungen über die durch Hagel verursachten Beschädigungen der Pflanzen haben, ganz abgesehen von ihrer wissenschaftlichen Wichtigkeit, auch für das praktische Leben Bedeutung. Man ist bei der Abschätzung von Hagelschäden lediglich auf die individuelle Anschauung der taxirenden Persönlichkeiten angewiesen; diese haben als Maßstab ihre Erfahrung vom praktischen Betriebe her und stützen sich betreffs der Nachwirkungen des Hagelschlages auf Kombinationen, die selten auf allen denjenigen Thatsachen fußen, welche bei der Beurtheilung über die Größe eines Hagelschadens in Betracht kommen müssen. Liegt z. B. Hagelschlag an Obstbäumen vor, so sind die meist durch veränderte Färbung in die Augen springenden Flecken an den Früchten scheinbar das Hauptsächlichste. Was sich aber der augenblicklichen Schätzung entzieht und dennoch viel bedeutender ist, das sind die Rindenbeschädigungen an den jungen Laub- und Fruchttrieben, die erst nach einiger Zeit hervortreten und je nach der Witterung Veranlassung zur Ansiedelung einer weiter um sich greifenden Pilzvegetation oder zu tödtlich wirkenden Frostbeschädigungen geben können. Eine mikroskopische Analyse dürfte dagegen schon wenige Tage nach der Hagelwirkung im Stande sein, ein richtiges Urtheil zu fällen, da man unter den Anfangs kaum verfärbten und nicht zerrissenen Korklagen der Zweige doch an der Verfärbung der grünen Parenchymzellen der Rinde die Tiefe der Beschädigung feststellen kann. Auch bei dem Getreide möchte die mikroskopische Betrachtung der Hagelflecken ein genaueres Urtheil anbahnen können, indem festgestellt wird, wie stark der Hagel auf den Halm geschlagen, wie tief demgemäß die Wirkung gegangen und wieviel lebendiges Parenchym übrig bleibt, das die Ernährung des Halmes und der Aehre übernimmt.

Wie stark die Beschädigungen bei demselben Hagelwetter sein können, erläutert Verf. an einer mikroskopischen Zeichnung eines Roggenhalmes. Bei Betrachtung eines Getreidehalmes bemerkt man bekanntlich mit bloßem Auge eine feine Streifung, indem dunkelgrüne Furchen mit helleren Streifen abwechseln. Im Querschnitt erkennt man, daß diese Furchen aus einem weichen, grünen Farbstoff führenden Gewebe (Rindenparenchym) bestehen, während die helleren Streifen aus dickwandigen, faserartigen Zellen zusammengesetzt sind. Diese Faserstränge geben dem Halme seine Festigkeit; je dickwandiger dieselben sind, desto widerstandsfähiger und weniger zum Lagern geneigt ist der Halm. Die Verdickung

der Wand hängt von dem Grade der Beleuchtung ab; und wenn man das Lagern des Getreides vermeiden will, wird man Bedacht darauf nehmen müssen, diese Zellstränge, namentlich an den unteren Halmgliedern, der Beleuchtung auszusetzen, d. h. eine zu dichte Saat zu vermeiden.

Von der erhöhten Lichtzufuhr ziehen aber nicht bloß die die Festigkeit des Halmes bedingenden Gewebe Vortheil, sondern auch die dazwischen gebetteten Rindenparenchymstreifen, deren Zellen dann reich mit Chlorophyllkörnern angefüllt sind. Je mehr aber in den Zellen von solchen grünen Farbstoffkörnern vorhanden, desto energischer wird die assimilatorische Thätigkeit des Gewebes sein.

Diese weichen Partien zeigen sich durch den Hagelschlag am meisten verändert. An einigen Stellen bemerkt man, daß der Schlag die Epidermis gar nicht zerstört hat, wohl aber, daß das darunterliegende Rindenparenchym derartige Quetschungen erlitten hat, daß ein Teil der Zellen allmälig abgestorben ist. Nur die innen gelegenen Zellen sind erhalten geblieben. An einer anderen Stelle zeigen sich nur Reste des ehemaligen saftigen Rindengewebes und hier hat das Hagelkorn solche Gewalt gehabt, daß es die derbwandige zähe Oberhaut zerschlagen hat. Durch die so entstandene Oeffnung ist die Luft in die Wunde getreten und in Folge dessen erscheint dieser Hagelfleck für das bloße Auge weiß. *E. W.*

***R. Billwiller.* Einfluß der Schneedecke auf die Temperatur der unteren Luftschichten.** Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteor. Bd. XVII. 1882. Märzheft S. 98.

Es entgeht keinem aufmerksamen Beobachter der Witterungserscheinungen, daß strenge Kälte, in unseren Gegenden wenigstens, immer nur dann eintritt, wenn der Erdboden mit Schnee bedeckt ist. Einen sehr bemerkenswerthen Beleg hiefür liefert der Vergleich des gegenwärtigen Winters mit demjenigen von 1879/80. Beide gleichen sich in Bezug auf die allgemeine Witterungssituation außerordentlich. Wir finden in beiden Perioden das Vorwalten langandauernder barometrischer Maxima oder sogenannter Anticyklonen über Centraleuropa. Trockenes, ruhiges, aber vielfach nebliges Wetter stellt sich ein und während der absteigende Luftstrom der Anticyklone die abnorme Erwärmung der höheren Luftschichten bewirkt, tritt in der untersten Schichte Frost ein. Aber in der Intensität, welche der letztere erreicht, zeigt sich in den beiden Perioden eine ganz bedeutende Differenz. Folgendes sind für Zürich die Temperaturmittel aus fünftägigen Perioden, während welcher unser Land im centralen Theil der Anticyklone lag:

1879: Dec. (7—11) — 13,0; Dec. (12—16) — 9,2; Dec. (17—21) — 10,5;
Dec. (22—26) — 10,5.
1880: Jan. (6—10) — 3,5; Jan. (11—15) — 4,0; Jan. (16—20) — 6,6;
Jan. (21—25) — 9,5.
1881: Dec. (27—31) — 4,2.
1882: Jan. (11—15) — 1,4; Jan. (16—20) — 3,2; Jan. (21—25) — 3,5.

Zu bemerken ist, daß sich für andere Stationen ganz ähnliche Resultate ergeben. Untersuchen wir nun die Verhältnisse bezüglich der Bodenbedeckung, so ist noch in Jedermanns Gedächtniß, daß der Kälteperiode vom December 1879, nämlich am 5. dieses Monats, ein heftiger Schneesturm vorausging, welcher ganz Centraleuropa mit einer beträchtlichen Schneelage bedeckte; es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß dieser Umstand in erster Linie es war, der die gleich da-

rauf eintretende sehr intensive Kälte hervorrief. Die extremsten Kältegrade des denkwürdigen Winters 1879/80 fallen bei den meisten Stationen der Schweiz auf die Tage vom 8.—11. December und überschreiten meist —20°. Zu Ende 1879 trat Thauwetter ein, wobei der Schnee schmolz, und als dann mit dem 4. Januar eine neue Anticyklone über Centraleuropa sich einstellte, sank die Temperatur weit weniger als im December, erst nachdem Mitte Januar neuerdings Schnee fiel, nahm die Kälte wieder beträchtlich zu, wie aus den obigen Daten deutlich hervorgeht. Im gegenwärtigen Winter fehlte Schnee während der Perioden barometrischer Maxima so zu sagen gänzlich; die Temperatur sank in Folge dessen auch in weit geringerem Maße. Das Minimum trat am 26. December ein, an welchem Tage Vormittags früh das Thermometer nach einer hellen Nacht auf — 8,5° stand.

Bemerkenswerth ist, daß auch den großen Kälteperioden der Winter 1788/89 und 1829/30 ausgedehnte Schneefälle vorausgingen.

Der Einfluß, welchen die Schneedecke auf die Temperatur der unteren Luftschichten ausübt, besteht einfach darin, daß sie als schlechter Wärmeleiter die Verbindung zwischen dem Erdboden und der Luft unterbricht. Die Temperaturschwankungen sind nämlich in geringer Tiefe des Bodens schon weit kleiner als auf der Oberfläche und vollziehen sich auch viel langsamer als dort. So kommt es, daß im December der Boden beträchtlich wärmer ist als die Luft. Diese wird also, so zu sagen, von unten geheizt. Liegt nun Schnee auf dem Boden, so geht der Luft diese Wärmezufuhr fast ganz verloren. Vielmehr erkaltet die Oberfläche des Schnees durch Ausstrahlung namentlich bei heiterem Himmel sehr stark und es theilt sich dieser Wärmeverlust der Luft unmittelbar mit, dem Boden aber nur sehr langsam. Fehlt dagegen die Schneedecke, so findet ein Temperaturaustausch zwischen Luft und Boden statt, wobei dann natürlich keine so niederen Temperaturen der unteren Luftschichten zu Stande kommen, wie bei der Isolirung der dem Boden entstammenden Wärmequelle[1]).

J. M. Pernter. **Ozonbeobachtungen.** Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. 1881. Bd. XVI. S. 394—397.

Bekanntlich hat *E. Schöne*[2]) den Nachweis geliefert, daß die Existenz des Ozons in der Atmosphäre problematisch sei und daß die Feuchtigkeit auf die größere und geringere Bläuung der Jodstärkekleisterpapiere einen entscheidenden Einfluß übe. *Schöne* schließt hieran, daß deshalb die Färbung der Papiere bei Nacht tiefer sei als bei Tage, weil Nachts eine größere relative Feuchtigkeit herrscht, daß der Gang des „Ozongehaltes" mit der Feuchtigkeit gleichen Schritt halte und daß bei Niederschlägen die Färbung deshalb tiefer erscheine.

Diese letzteren Folgerungen suchte nun Verf. an den Ozonbeobachtungen der meteorologischen Centralanstalt zu prüfen. Er fand dabei, daß selbst 10 Stunden der Nacht im Jahresmittel keine größere Bläuung hervorgerufen hatten als 7 Stunden des Tags, daß auf gleiche Expositionsdauer berechnet, die Bläuung am Tage sogar stärker war als Nachts. Auch die Monatsmittel sprachen gegen die Annahme, daß die Bläuung der Jodstärkekleisterpapiere der relativen Feuchtigkeit proportional sei, da im Gegentheil sich eher eine umgekehrte Proportionalität

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 471.
[2]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 320.



ergab. Ebenso stellte sich heraus, daß die Niederschläge in keiner Beziehung stehen zu der Tiefe, des Farbentones der Papiere. Verf. weist ferner darauf hin, daß bei Nebelwetter erfahrungsmäßig stets ein sehr niedriger „Ozongehalt" notirt werde.

Aus alledem zieht Verf. nicht den Schluß, daß *Schöne* und Andere mit ihm Unrecht hätten zu behaupten, daß die Jodstärkekleisterpapiere von der Feuchtigkeit in hohem Grade beeinflußt werden, da ja das Experiment direkt eine solche Abhängigkeit ergiebt, und ebenso viele Beobachtungsreihen, von Prag, Budapest, Kremsier u. s. w. und die von *Schöne* selbst, für die freie Atmosphäre das Experiment bestätigen. Wenn die Wiener Beobachtungen der letzten fünf Jahre das Gegentheil ergeben, so können mancherlei unbekannte und nichterforschte Ursachen dafür vorhanden sein. Uebrigens ist dieses Ergebniß ebenso wenig ein neues als die These von der Beeinflussung des „Ozonometers" durch die Feuchtigkeit. Klagenfurt und Kremsmünster zeigen ein Resultat, das sich dem von Wien anschließt.

Verf. erblickt in dem Erscheinen solcher Resultate, welche keinen der Einwürfe gegen die Ozonbeobachtungen zu widerlegen scheinen, den Grund, daß sie trotz der zersetzenden Kritiken, die an ihnen geübt wurden, nicht aufgelassen wurden; wahrlich mit Unrecht.

«Schon *G. Cantoni*[1]) hat 1866 gezeigt, daß, wenn diese Beobachtungen irgend welchen Werth haben sollen, man überall unter gleichen Bedingungen exponiren müsse und tausenderlei Vorsichtsmaßregeln anwenden, um vernünftige Resultate zu erzielen. In der That, wenn man bedenkt, daß Windrichtung, Feuchtigkeit, Nähe von Wohnungen und Oekonomien, Windstärke u. s. w. den größten Einfluß auf die Färbung der Papiere erwiesenermaßen ausüben, ist es klar, daß alle bisher gemachten „Ozonbeobachtungen" geradezu jedes Werthes entbehren.»

«Es ist auch ganz unglaublich, daß nach der vernichtenden Kritik, welche später 1873 *F. Dohraudt*[2]) an den Ozonbeobachtungen geübt, überhaupt noch solche Beobachtungen fortgesetzt und als unnützen Ballast in den Beobachtungsjournalen mitgeschleppt werden konnten. *Dohraudt* kommt zu dem Schluß, die Existenz des atmosphärischen Ozons vorausgesetzt: „Die Ozonmengen, welche auf das Ozonometer einwirken, sind nur der von den leicht oxydirbaren Beimengungen der Luft unzerstörbare Rest des Ozons der freien Atmosphäre. Die bisher angewandten Ozonometer gestatten selbst diesen Rest nicht einmal angenähert zu messen.»

Erwägt man nun weiter, daß die Existenz des atmosphärischen Ozons niemals bewiesen war, und neuerdings von *Schöne* als unwahrscheinlich erwiesen wird, so weiß man nicht mehr, warum «Ozonbeobachtungen» ferner noch angestellt werden sollten. *Fremy*[3]) hat schon 1866 darauf hingewiesen, daß die Färbung des Jodstärkekleisterpapiers kein Beweiß für das atmosphärische Ozon sei, da diese Reaktion anderen oxydirenden Substanzen zu verdanken sein könnte. «Ich kenne nur eine Methode, welche die Anwesenheit des Ozons in der atmosphärischen Luft strenge zu erweisen vermöchte, sie besteht darin, das Silber da-

[1]) Meteorologica italiana. N. 16. p. 15.
[2]) Repertorium für Meteorologie. Bd. III. Nr. 4. 1874.
[3]) Comptes rendus. T. LXI. 930.

durch zu oxydiren, daß man feuchte Luft über dasselbe streichen läßt . . . ich habe es mehrmals versucht, aber stets ohne Erfolg . . . Wenn man die Eigenschaften des Ozons kennt, wenn man weiß, daß es augenblicklich durch organische Substanzen zerstört und durch Stickstoff absorbirt wird, so ist es sehr schwer zuzugeben, daß ein solcher Stoff in der Luft sich dauernd erhalten könne.

Schöne hat nun durch chemische Analyse den oxydirenden Stoff in der Luft gefunden und als Wasserstoffhyperoxyd erkannt, Ozon aber nie entdecken können.»

Es scheint nach alledem einfach vernunftgemäß zu sein, die «Ozonbeobachtungen» aufzulassen. *E. W.*

***L. Gruber*. Zum Kapitel der Wetterprognosen.** Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteor. 1881. Bd. XVI. Decbr.-Heft. S. 510.

Fassen wir die Grundlagen der modernen praktischen Meteorologie zusammen, so sind es das Buys Ballot'sche Gesetz und einige mehr minder begründete Erfahrungssätze über barometrische Maxima und Minima, welche als Basis für die bereits zum Bedürfniß gewordenen Wetterprognosen dienen. Das erwähnte Gesetz lehrt uns aus gegebener Luftdruckvertheilung die Windverhältnisse, die etwa noch giltigen Sätze über Cyklonen und Anticyklonen die Wärme- und Niederschlagsverhältnisse zu begreifen, mit mehr minder großer Wahrscheinlichkeit abzuleiten. Doch handelt es sich hiebei der Hauptsache nach nur um die Erläuterung gegebener Verhältnisse, und was sich daran als Prognose für den folgenden atmosphärischen Zustand knüpfen läßt, ist in den meisten Fällen bloße Muthmaßung.

Da eine gegebene Luftdruckvertheilung nach dem bisherigen Stande unserer Kenntnisse auf die herrschende Witterung zu schließen erlaubt, ist es für die praktische Meteorologie in erster Linie wichtig, die zukünftige Luftdruckvertheilung, oder zum mindesten die Richtung und Tendenz der Aenderung in einer gegebenen Vertheilung des Luftdruckes zu kennen. Für das westliche und nordwestliche Europa hat man wohl den Erfahrungssatz, daß die barometrischen Minima im Allgemeinen vom Atlantischen Ocean her kommend zuerst die nördlichsten Punkte Englands berühren und dann in östlicher und nordöstlicher Richtung über Skandinavien und das weiße Meer fortschreitend im Norden verschwinden.

Ich will hier darauf aufmerksam machen, daß die Linien gleicher mittlerer jährlicher relativer Feuchtigkeit diese bekannte Straße barometrischer Minima als feuchteste Gegend Europa's (> 82 %) hervorheben: einestheils Schweden und Norwegen, anderentheils Mittel- und Osteuropa sind bedeutend trockener.

Im Innern unseres Kontinents verfolgen die Cyklonen bei Weitem ungleichere Bahnen und darum wird eine Wetterprognose für ein mehr kontinentales Gebiet unverhältnißmäßig schwieriger.

Man weiß, daß in der östlichen und nordöstlichen Hälfte einer Cyklone der Himmel trüb, die Luft feucht und Niederschläge häufig sind: nachdem nun die meisten europäischen Cyklonen wie erwähnt von W nach E oder von SW nach NE gehen, so gilt obiger Witterungscharakter für die Vorderseite der Cyklone. Existirt für Vorderseite der Cyklone und obigen Witterungscharakter ein Causalnexus? Und was ist Ursache, was Wirkung? Die Umstände erlauben es dem Verf. nicht, sich andauernd mit praktischer Meteorologie zu beschäftigen, und so konnte er noch nicht all' das Material zusammentragen, welches zum überzeugenden Beweise eines empirischen Naturgesetzes nothwendig ist: Was ihm zur Aufstellung

einer Ansicht und Formulirung eines Gesetzes in Bezug auf obige Fragen drängte, war die aufmerksame Verfolgung des Witterungsverlaufes in Ungarn während der letzten 2—3 Jahre. Ungarn participirt theils an den Witterungsverhältnissen des nordwestlichen Europa's, theils an den des mittelländischen Meeres, und es dürfte darum vielleicht auch der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Bildung und auf den Weg barometrischer Minima hier auffälliger zu Tage treten.

Ohne sich weiter in Details einzulassen, giebt Verf. kurz das Resultat seiner Erfahrungen.

Was man allgemein Luftdruck nennt ist zusammengesetzt aus dem Drucke der sogenannten trockenen Luft und aus der Expansion der atmosphärischen Wasserdämpfe, dem Dunstdrucke. Dieser letztere Theil bildet selbstverständlich das labilste Element des Barometerstandes, und muß aus diesem Grunde schon (obwohl ihm in der praktischen Meteorologie bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird) großen Einfluß auf die Witterungsverhältnisse üben.

Verf. fand zunächst aus Konstruktionen von Linien gleichen Dunstdruckes, daß selbst bei hohem Luftdrucke oder ungemein geringen barometrischen Gradienten, wenn die Linien gleichen Dunstdruckes mit den Isobaren gleichlaufen und starke Feuchtigkeitsgradienten repräsentiren, eine besondere Neigung zur Bildung von lokalen Cyklonen vorhanden ist; und ferner, daß in der Vertheilung der sogenannten trockenen Luft (Barometer-Dunstdruck) die zukünftigen barometrischen Verhältnisse präformirt vor uns liegen, daß sie gewissermaßen die Richtung und Tendenz für die Aenderung in einem jeweiligen System von Isobaren darstellt.

Verf. hat bei seinen Untersuchungen die allgemeine Vernachlässigung der absoluten Feuchtigkeit in den meisten Wetterbulletins schmerzlich empfunden und in vielen Fällen nur sehr lückenhafte Daten erhalten können.

Zweck dieser Zeilen ist die Aufmerksamkeit jener auf die vom Verf. gefundenen Resultate zu lenken, die sich speziell mit Wetterprognosen befassen, und denen es ein Leichtes sein wird sich von der Richtigkeit oder Unrichtigkeit seiner Sätze zu überzeugen und so vielleicht ein ganz brauchbares Gesetz zum Zwecke der praktischen Meteorologie aufzustellen.

P. Schreiber. **Die Bedeutung der Windrosen.** *Petermann*'s geogr. Mittheilungen. Ergängungsheft 66. Gotha 1881 u. Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteorologie. 1881. Bd. XVI. S. 535.

Der Verf. hat aus den langjährigen Beobachtungen zu Leipzig eine sehr fleißige und umsichtige Berechnung von Windrosen des Luftdruckes, der Temperatur, der absoluten und relativen Feuchtigkeit, der Regenmenge und Windstärke geliefert. Er hat dieselben nicht bloß aus der Gesammtheit der Beobachtungen abgeleitet, sondern das Material auch nach dem Luftdruck in Gruppen getheilt, und für hohe, mittlere und niedrige Barometerstände separate Windrosen berechnet, wodurch er zu einigen allgemeinen Resultaten gelangt ist. Er hat diesen Resultaten theoretische Betrachtungen sehr eingehender Natur beigefügt, welche gewissermaßen neue Grundlagen für die Meteorologie im Allgemeinen andeuten sollen. Wir müssen uns enthalten, dieselben anzuführen, und ein Urtheil über dieselben auszusprechen, und geben im Nachfolgenden die allgemeinsten Resultate der Arbeit des Verf. mit dessen eigenen Worten:

1) Es besteht keine Abhängigkeit erster Ordnung des Barometerstandes von der Windrichtung.

2) Barometerstand und Windrichtung sind Funktionen der allgemeinen Witterungsverhältnisse über einem größeren Gebiet.

3) Die Temperatur eines Ortes hängt von der Windrichtung in erster Linie, von dem Barometerstand in zweiter Linie ab, derart daß, je höher der Druck ist, um so tiefer die Temperatur aller Strömungen. Nur der Sommer macht hievon eine Ausnahme. Bei tiefem Barometerstand haben die Winde eine mehr erwärmende Einwirkung.

4) Die Einwirkung von Windrichtung und Barometerstand auf die absolute Feuchtigkeit ist complicirt und nicht sehr bedeutend. Im Allgemeinen scheinen die wärmsten Strömungen auch die größte Menge Dampf mitzuführen.

5) Relative Feuchtigkeit, Bewölkung, Wahrscheinlichkeit und Höhe des Regens sind in erster Linie Funktionen des Luftdruckes, und zwar stehen sie zum Luftdruck im umgekehrten Verhältniß. Jedoch sind diese Elemente auch in zweiter Linie von der Windrichtung abhängig.

6) Daraus scheint weiter hervorzugehen, daß das Barometer in der That bei uns den Namen verdient, welchen ihm der Volksmund gegeben hat, «daß es in der That ein Wetterglas ist».

M. Möller. **Beiträge zur Kenntniß der atmosphärischen Wirbel und ihre Beziehung zur Cirruswolke.** Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. 1881. Juniheft. S. 241—248.

Die Beobachtung einer bestimmten, sich wiederholenden Wechselbeziehung zwischen dem Erscheinen der Cirruswolke und dem nachfolgenden Wetter veranlaßte den Verf. jene Wechselbeziehung zu studiren und stellte er demgemäß seit Mitte Mai vorigen Jahres ununterbrochen Beobachtungen an, aus deren Resultaten er auf die Entstehung der Cirruswolkenform, wie auf die innerhalb einer Depression statthabenden Luftbewegungen verschieden hoher Schichten zu urtheilen versuchte, und ferner einen Einfluß des oberen Luftstromes auf die Ortsveränderungen der Depression erkannte.

Die Dichtigkeit der Luft in hohen Regionen der Atmosphäre ist maßgebend für die Störung des Gleichgewichtszustandes an der Erdoberfläche. Besteht z. B. in der Höhe eine sich weit ausdehnende Schicht warmer Luft, dann hebt sich deren Oberfläche über das Niveau gleichen Druckes empor und fließen die gehobenen Luftmassen nach den Seiten ab, wodurch der Druck an der Unterfläche der warmen Schicht abnimmt. Durch die Kondensationswärme der mitgeführten Wasserdämpfe wird diese einmal eingeleitete Bewegung unterhalten und verstärkt.

Denkt man sich nun die obere warme Schicht, oder den oberen Theil eines Wirbels nach rechts verschoben, so expandirt hier die untere dichtere Luft rasch und kräftig in die obere Depression hinein, während links sich von oben herab Luft in die verdünnte untere Masse stürzt und diese Luftverdünnung ausfüllt.

Die Fortpflanzungsrichtung des aufsteigenden Lufstromes fällt also mit der Verschiebung des oberen Theiles des Wirbels zusammen.

Zur Bestimmung der fortschreitenden Bewegung der Depression sind also diejenigen Verhältnisse zu untersuchen, welche ein Vorrücken der oberen Schichten eines atmosphärischen Wirbels bedingen. Die Ortsveränderung des Wirbelcentrums



höherer Schichten läßt sich als eine zusammengesetzte Bewegung auffassen, als eine fließende Bewegung, an welcher die ganze Luftmasse einer oberen Schicht des Wirbels Theil nimmt, oder zweitens als eine Fortpflanzung des Wirbelcentrums, indem die innerhalb des Wirbels nicht gleichmäßig zur Ausbildung gelangten Winde auf der einen Seite stets ein neues Bett für das Centrum der Depression ausgraben, während im Rücken derselben andere Luftmassen das ursprüngliche Bett ausfüllen.

Die fließende Bewegung der oberen Schichten, und die hiedurch bewirkte fortschreitende Bewegung der Depression wurde durch *Hann* im Jahrgange 1879 der Zeitschrift für Meteorologie, pag. 38, hervorgehoben, während die durch innere Kräfte des Wirbels veranlaßte Fortpflanzung des Wirbelcentrums durch *W. Köppen* im Februarhefte des Jahrgangs 1880 der Zeitschrift für Meteorologie dargelegt worden ist und in engem Zusammenhange mit der Vertiefung einer Depression steht.

Um die beiden gemeinsam wirkenden Ursachen gesondert betrachten zu können, mögen die horizontalen Geschwindigkeiten der Winde in drei verschieden hohen Schichten mit einander verglichen werden.

Die erste Schicht beginne an der Erdoberfläche und erstrecke sich bis zu derjenigen Höhe, in welcher starke Wolkenbildung stattfindet. Die zweite Schicht sei die Region der stärksten Kondensation der Wasserdämpfe und reiche so weit empor, als überhaupt ein Minimum des Luftdrucks, in horizontalem Sinne gemessen, besteht. Die dritte Schicht umfasse die aus der Depression emporgestiegenen Luftmassen, welche vermöge des durch Anhäufung entstandenen kleinen Maximums in der Höhe seitlich fortgedrängt werden.

Eine allgemeine fließende Bewegung der oberen, relativ warmen Luftschichten, als erste Ursache der Ortsveränderung atmosphärischer Wirbel, ist auf den wesentlich anderen Verlauf der Isobaren in der Höhe gegenüber denjenigen an der Erdoberfläche zurückzuführen. *Köppen* betont in dem angezogenen Hefte der genannten Zeitschrft zumal den Einfluß der kälteren aufsteigenden Luft am N-Rande gegenüber der wärmeren Luft auf der S-Seite der Depression, welcher im N nach oben hinauf schnellere Druckabnahme veranlaßt und daher ein an der Erdoberfläche geschlossenes Minimum häufig in der Höhe offen erscheinen läßt.

Hiezu liefert die vertikale Komponente der Centrifugalkraft noch einen kleinen Beitrag, weil dieselbe im SW der Depression vermöge der größeren rotirenden Geschwindigkeit der Luft, zusammengesetzt aus der Summe der Rotationsgeschwindigkeit der Erde und der Stärke des W-Windes, eine Auflockerung der Schichten bewirkt und daher eine etwas langsamere Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe erzeugt, als am NE-Rande der Depression, wo die totale Umdrehungsgeschwindigkeit kleiner ausfällt, weil sie sich aus der Differenz der Geschwindigkeit der Erdoberfläche und der Stärke des E-Windes berechnet.

Eine Depression, welche aus den beiden angegebenen Gründen in der Höhe der zweiten, der Wolken bildenden Schicht nach dem N zu ganz oder theilweise offen ist, bedingt stets einen aus SW blasenden Oberwind. Trifft derselbe nun auf die warmen Luftmassen, welche in dem Minimum emporgestiegen sind und sich nach allen Seiten hin ausbreiten möchten, dann entsteht auf der dem Oberwinde zugekehrten Seite der Depression eine Anhäufung von Luft, also eine Druckzunahme, während auf der abgewendeten Seite das Abströmen begünstigt

wird, woraus also eine Verschiebung der oberen Schicht der Depression erfolgt, wodurch auf der einen Seite ein Fallen der Luft eintritt, während auf der abgewendeten Hälfte die Luft der Tiefe vermöge ihres anfänglich stärkeren Druckes in die obere schwache Depression hineinexpandirt, und so das Minimum auch auf der Erdoberfläche weiter rückt, hinter sich den fallenden Luftstrom mit zum Theil heiteren Himmel, vor sich den steigenden Luftstrom mit allgemeiner Bewölkung zeigend . . . . . .

Die zweite Ursache der Ortsveränderung des Wirbelcentrums, hervorgerufen durch die ungleiche Ausbildung der Winde, wobei die fortschreitende Bewegung des Wirbelcentrums nicht mit der Geschwindigkeit der dort vorhandenen Luftmasse übereinstimmt, steht in engem Zusammenhange mit der Vertiefung der Depression.

Es ist schon vielfach hervorgehoben, daß eine Depression sich nur dann erhält, wenn die in ihrem Innern emporgestiegene Luft in der Höhe seitlich abfließen kann und ist nun zu untersuchen, welche Verhältnisse dieses Abströmen fernerhin noch begünstigen.

Köppen weist in dem Februarhefte 1880 der Zeitschrift für Meteorologie nach, daß Luftmassen, welche unter dem Einfluß starker Gradienten große Geschwindigkeiten angenommen haben, und nun in Gebiete schwacher Gradienten übergehen, vermöge ihrer lebendigen Kraft sogar aus dem Depressionsgebiet herausströmen können.

Das Folgende beweist, wie durch den Transport der Luft von unteren in höhere Schichten der Depression ein Ausströmen aus derselben vermöge der mitgebrachten lebendigen Kraft eintreten kann.

Da der Einfluß der Temperatur-Differenzen am Umfange des Depressionsgebietes schon besprochen ist, so seien hier gleiche Temperaturen an der Erdoberfläche vorausgesetzt.

In der ersten Schicht des aufsteigenden Luftstromes wächst die Windgeschwindigkeit mit der Höhe, da der relative Gradient nicht abnimmt, während der hemmende Einfluß eines Reibungswiderstandes an der Erdoberfläche wegfällt. In der zweiten Schicht jedoch nimmt mit einer beginnenden stärkeren Ausscheidung von Wolkenmassen in Folge der demnach freiwerdenden latenten Wärme der Wasserdämpfe die Temperatur und daher auch der Luftdruck im Innern der Depression mit der Höhe langsamer ab als außerhalb derselben, wo kein aufsteigender Strom besteht. Hieraus ergiebt sich für die zweite, die wolkenbildende Schicht eine Abnahme des relativen horizontalen Gradienten mit der Höhe.

Trägt nun der aufsteigende Luftstrom den unterhalb der Wolkenschicht am stärksten entwickelten Wind in Regionen schwächerer Gradienten empor, dann wird hier also vermöge der lebendigen Kraft dieses Windes ein Ausströmen aus dem Depressionsgebiet beginnen, so daß die Luftmasse nur zum geringeren Theil in die dritte, die Depression belastende Schicht übertritt.

Ist nun auf einer Seite der Depression der horizontale Gradient besonders ausgebildet, dann findet dementsprechend die Luftabfuhr in der Höhe einseitig am stärksten statt, wodurch ein Fortrücken des Wirbelcentrums bedingt ist.

Diese innere Ursache der fortschreitenden Bewegung der Depressionen bedingt eine theilweise Rotation der Theilminima um ein größeres Gebiet niedrigen Luftdruckes im Sinne der wehenden Winde, weil zwischen zwei benachbarten Depressionen meistens geringere Gradienten bestehen, als am Außenrande des ganzen

Depressionsgebietes, weshalb auf der Außenseite stärkere Winde auftreten und daher eine einseitige Luftabfuhr in der Höhe bedingt ist . . . . .

Innerhalb einer größeren Depression wechselt das Gebiet gleichzeitigen Regenwetters, dasselbe erscheint als ein Theilminimum und verfolgt seine eigene Bahn, die von der Bewegungsrichtung der großen Hauptdepression häufig abweicht. Da das Regenwasser stets von der Stärke des aufsteigenden und in der Höhe abfließenden Luftstromes abhängt, so giebt uns der letztere, durch die in ihm schwebenden Wolken erkennbar, Aufschluß über das Herannahen eines mit Niederschlägen verbundenen aufsteigenden Luftstromes.

Ausbildung der Cirruswolken.

Die innerhalb einer Depression an Orten gleichzeitig stattfindender Niederschläge emporgestiegene Luft fließt, wie gezeigt wurde, vermöge ihrer lebendigen Kraft, oder vermöge eines in der Höhe vorhandenen Gradienten nicht gleichmäßig ab und bedingt durch die Richtung, in welcher das stärkste Abfließen erfolgt, die fortschreitende Bewegung der Depression. Dieser Oberwind reißt Wolkenmassen mit sich fort, welche wie ein Schleier den Himmel schon 5—20 Stunden vor Beginn des Regenwetters umspannen.

Die Depression saugt in unteren Schichten Luftmassen zu sich heran, sie verzögert daher bei ihrem Heranrücken den W-Wind und sucht denselben in S- und SE-Wind zu verwandeln; somit werden an der Erdoberfläche Luftmassen fortgezogen, während in der Höhe stets neue Luftzufuhr stattfindet. Hierdurch beginnt ein Fallen der Schichten, wodurch die Feuchtigkeitscapacität der einzelnen Lagen wächst, und zumal in den hochgelegenen Schichten die relative Feuchtigkeit der Luft abnimmt, woraus ein Austrocknen der vorhandenen Wolkenmassen und ein Herabsinken derselben vermöge der erzeugten Verdampfungskälte abzuleiten ist. Der obere Luftstrom fließt also auf einer relativ recht trockenen Luftmasse dahin, so daß die mitgeführten, von der Depression losgetrennten Wolkenmassen allmälig auftrocknen und daher sich senken. Erreichen diese Wolken die Grenze zwischen dem Ober- und Unterwind, dann wird deren Unterfläche von der anders fließenden Luft erfaßt und in langgestreckte Fäden ausgezogen. Der Unterwind kämmt also gleichsam den Wolkenfuß in parallele Linien aus, deren spitze Enden tiefer hängen als der Kopf der Wolke.

Die horizontale Richtung der Fäden wird durch die relative Bewegung des Unterwindes in Bezug auf den Oberwind bestimmt; da jedoch der Unterwind nicht immer mit seiner ganzen Kraft in den Oberwind eindringt, werden sich an der Grenze beider vermittelnde Luftschichten bilden; so liegt die Auskämmungsrichtung vom Kopf der Wolke nach den Enden der Fädchen gerechnet zwischen 2 Grenzwerthen, von welchen der eine, der Wolke zunächst liegende, einen Winkel von 0—90° mit der Bewegung des oberen Luftstromes, der untere Theil hingegen denselben Winkel mit dem Unterwinde einschließt; dieser Arm der Curve ist jedoch nicht vorhanden, da die Enden der Fädchen wegtrocknen. Als mittlere Richtung ergiebt sich die Resultirende aus der absoluten Richtung des Unterwindes und derjenigen des oberen Luftstromes in entgegengesetztem Sinne genommen . . . . Der Name Federwolke ist daher sehr zutreffend, weil die Wolkenform kräftige Streifen mit leichten, daranhängenden Fädchen zeigt.

Wenn der Unterwind dem Oberwinde gleich oder entgegengesetzt gerichtet ist, dann fällt die Auskämmung und Streifung in dieselbe Linie, wodurch die Cirruswolke einen sehr gestreckten Charakter annimmt.

Bei einer von W nach E fortschreitenden Depression zeigt die stark ausgebildete Cirruswolke am E-Rande der Wolkenschicht eine Hauptstreifung von W nach E und nach W hin weisende, spitze Fäden der ausgekämmten Schäfchen; während im Rücken der Wolkenschicht bei aufklärendem Himmel die Hauptstreifen der Cirri von N nach S verlaufen und die Auskämmung nach E weist. Nach W werfen nur solche Depressionen einen Cirrusflor, deren N-Rand an ein Gebiet sehr hohen Luftdruckes grenzt. In diesem Fall zeigt die Depression nur geringe Neigung zur Ortsveränderung.

Die absolute Bewegung der Cirruswolke richtet sich nach dem örtlich vorhandenen Oberwinde, die Streifung dahingegen nach der relativen Bewegung der Luftmassen unter einander. Denkt man sich die Quelle des Cirrusstreifens, d. h. den bezüglichen Rand einer Depression, von welchem jener Streifen ausgeht, als ruhender Punkt des Systemes, dann ist für die Konstruktion der Streifungscurve allemal die Geschwindigkeit der Luft in den einzelnen Positionen zusammengesetzt zu denken aus dem Oberwinde und aus der relativen Bewegung der senkrecht darunter liegenden Erdoberfläche in Bezug auf den gedachten Fixpunkt des Systems.

Der variable Winkel zwischen der Richtung des Oberwindes und der Streifung der Cirruswolken wird wahrscheinlich einigen Aufschluß über den Verlauf der Isobaren in hohen Luftschichten geben können . . . . .

Das Erscheinen der Cirruswolke am Firmamente.

Bei einem von W nach E fortschreitenden Theilminimum entströmen die Cirruswolken zumal dem SE-Rande der Depression, so daß von Beobachtungsorten, welche auf der verlängerten Bahn des Centrums liegen, die Cirruswolke zuerst am SW-Horizonte gesehen wird, d. h. es liegt der Scheitel der emporziehenden Cirrusbank links von demjenigen Punkte, von wo aus die Streifen sich bewegen. Erscheint die Cirruswolke in der größten Masse, zumal an solchen Punkten des Horizontes, aus welchen sie heranzieht, oder gar rechts von denselben, dann steht zu erwarten, daß die Depression nördlich vom Beobachtungsorte vorbeigeht. In diesem Fall zeigt die Cirruswolke ein verworrenes Aussehen und eine unbestimmte Streifungsrichtung, sie gleicht vielmehr einer Fackel, deren Flamme im Winde flackert.

Beharrt eine Depression längere Zeit im W eines Beobachters, ohne eine fortschreitende Bewegung von W nach E einzuschlagen, dann wirft dieselbe keinen Cirrusschleier nach E. Der Beobachter erkennt das Vorhandensein der Depression im W nur an dem scharfen SE-Winde. Sobald jedoch die Depression sich dem Beobachter nähert, erscheint am W-Horizonte ein leichter Cirrusbogen, dessen Scheitel im W sich befindet. Die Auskämmung desselben steht senkrecht zur Streifungsrichtung und giebt dem Bogen das Aussehen eines zarten Gewebes. Dieser Erscheinung folgt gewöhnlich in 4—8 Stunden ein ergiebiger Regen (z. B.: 12. September, 11 U. a. M. an der dänischen Grenze).

Zieht über 12 Stunden hindurch die Cirruswolke aus W am S-Horizonte entlang, den N freilassend, dann ist auf E-Wind für die nächsten Tage zu schließen.

Es sind mehrere trockene Tage mit E-Wind zu erwarten, wenn die Cirruswolke aus SE zieht, ein dauernd trockenes Wetter, wenn der obere Luftstrom aus ENE oder E weht.

Für die Erkenntniß der Fortpflanzungsbewegung der Hauptdepressionen ist es nothwendig, die Bewegung der Theilminima zu verfolgen, da dieselben sich häufig von einer größeren Depression trennen und ihren eigenen Weg einschlagend, eine wesentliche Umgestaltung der Isobaren bewirken . . . . .

Durch die Beobachtung der Wolkengestaltung und Bewegung läßt sich leicht die so wichtige Bahn der Theilminima verfolgen. Es reichen hiezu die Nachrichten einzelner vertheilt liegender Stationen aus.

Innerhalb eines aufsteigenden Luftstromes sind keine Cirri vorhanden, da die vertikale Mischung der Luft die Ausbildung einer scharfen Grenze zwischen dem Oberwinde und dem Unterwinde verhindert. Weil ferner bei Entstehung der Cirruswolken, wie gezeigt wurde, fallender Luftstrom besteht, also der Himmel sich meistens aufklärt, so ist die Beobachtung der Cirri selten durch getrübten Himmel verhindert.

Im vergangenen Sommer beobachtete Verf. in Flensburg während der vier Monate Juni bis September an 84 Tagen die Cirruswolke; dieselbe zog vor einem Gewitterregen stets aus SW bis W, niemals aus W bis NW, weil einem aus NW heranziehenden Minimum gewöhnlich kühlerer W-Wind vorausging. Durch die fortlaufende Beobachtung der Erscheinungen am Wolkenhimmel und durch die Erforschung der Bedeutung derselben wird die Kenntniß der Witterungsgesetze gefördert, der Gesichtskreis westlich entlegener Stationen auf mehr denn 100 Meilen erweitert und dem Seefahrer und Landmann ein wesentlicher, praktischer Dienst geleistet.

***H. Fritz.* Die Perioden der Weinerträge.** Landwirthschaftliche Jahrbücher von H. Thiel. Bd. X. 1881. Heft 4. S. 671--687.

Der Verf. wies im Jahre 1874 auf die große Wahrscheinlichkeit der Periodicität der Hagelfälle hin. «Dieselbe bestätigte sich seither mehr und mehr und es wird der Verlauf der nächsten Jahre zu dem Entscheide wesentlich beitragen, ob sich die Periodicität in der Weise praktisch verwerthen läßt, wie zu vermuthen steht.

Ein periodisches Verhalten der Hagelfälle kann nur abhängig sein von periodisch wiederkehrenden Verhältnissen in unserer Erdatmosphäre, welche den Gang der meteorologischen Erscheinungen und deren Wechsel reguliren, mögen die ursprünglichen Ursachen dazu durch unsere Erde oder durch die Sonne oder irgend eine kosmische Kraft bedingt sein. Da jeder Vorgang in der Atmosphäre seine Rückwirkung auf die an der Oberfläche der Erde lebenden organischen Wesen ausübt, so muß ein einigermaßen periodisch wiederkehrender Wechsel in den Witterungsverhältnissen sich auch in der Pflanzen- und Thierwelt abspielen.»

Um festzustellen, ob sich in den Weinerträgen ein solcher regelmäßiger Wechsel zeige, stellt Verf. aus den Mittheilungen des k. pr. statistischen Bureaus und aus *Meitzen*'s Werk: «Der Boden Preußens» die Weinerträge von 1820 bis 1864 übersichtlich zusammen. «Es ergeben sich hiebei ganz entschiedene Maxima der Erträge[1]): 1826—1827, 1834—1835, 1846—1848 (Mittel 1847), 1857—1861

[1]) Verf. nimmt hiebei nur Rücksicht auf die von ihm berechneten Mittel der Erträge aus je 5 aufeinander folgenden Jahren — des betreffenden und den beiden je vorangegangenen und nachfolgenden Jahren.



(Mittel 1859) und Minima: 1830—1831, 1842—1843 und 1854; es zeigt sich ferner, daß die drei Perioden der Maxima 1827—1859 um 3 mal 10,7, die zwei der Minima, 1830—1854, um 2 mal 12 Jahre auseinander liegen, daß sie somit Zeitintervallen entsprechen, welche auffallend nahe mit der mittleren Länge der Sonnenfleckenperioden von 11,1 Jahren zusammenfallen. Noch auffallender wird die Beziehung des periodischen Wechsels, wenn wir erfahren, daß die größeren oder geringeren Erträge der Reben der Zeit nach stets in ähnlicher Beziehung zu den Sonnenflecken-Minima oder -Maxima stehen. Es waren:

Maxima der Weinerträge:	1826—27	1834—35	1846—48		1857—1861.
» » Sonnenflecken:		1829—30	1837	1848	1860.
Minima der Weinerträge:		1830—31	1842—43	1854	
» » Sonnenflecken:	1823	1834	1844	1856.	

Ein Vergleich dieser Zahlen zeigt, daß im Mittel die Minima und Maxima der Weinerträge den Minimis und Maximis der Sonnenflecken um 2 Jahre vorausgingen und daß von Minima zu Maxima der Weinerträge im Mittel 4,5 Jahre verflossen, wie dies auch bei den Sonnenflecken durchschnittlich der Fall ist. Auffallenderweise waren sogar auch die Erträge um 1837 größer als um 1848 und 1860, wie dies entsprechend hinsichtlich der Anzahl der Sonnenflecken der Fall war. Ganz entsprechend verhielten sich die Rebenerträgnisse in Nassau und in anderen Gegenden.

Um nun zu sehen, inwiefern eine derartige Vertheilung der Rebenerträge auch zu anderen Zeiten und in anderen Gegenden vorkommen, stellte Verf. eine weitere Tabelle zusammen, in welcher theils die wirklichen Erträge enthalten sind, theils nur Schätzungswerthe benutzt werden konnten. Bei letzteren mußten häufig noch die Qualitäten in Betracht gezogen werden, da nicht allezeit die Quantitäten bestimmt auszuscheiden waren. Im großen Ganzen entsprachen zwar guten Quantitäten auch ordentliche Qualitäten, indessen doch nicht immer, so daß die Veränderlichkeit der Qualität nicht vollständig diejenige der Quantität darzustellen vermag.» Es darf nicht vergessen werden, «daß die Erträge der einzelnen Jahre ebensowenig, wie die Witterungsverhältnisse in verschiedenen, selbst nicht einmal weit auseinander gelegenen Gegenden vollkommen übereinstimmen. Lokale Einflüsse vermögen Temperaturen, Niederschläge und Windrichtungen oft über Erwarten zu beeinflussen und zu modificiren».

Die Reihen der Erträge von Zell, Volnay in Côte d'or, Württemberg und Nassau ergeben im Mittel folgende Maxima:

1808 1820 1826 1835 1848 1858 1868.

Da die Sonnenflecken-Maxima auf die Jahre

1804 1816 1830 1837 1848 1860 1871

fielen, so stimmen Jahre der besten Erträge von 1826 ab in übereinstimmender Weise, wie diejenigen Preußens zu den Sonnenfleckenperioden.

Die Maxima der Weinerträge in Oesterreich und Süddeutschland (nach *Pilgram*), Nassau, Schweiz und Deutschland weist die folgende Tabelle nach:

	1678	1688	1704	1719	1726	1737	1749	1762	1773	1782	1794
Sonnenfleckenmaxima	1675	1685	1706	1718	1728	1739	1750	1762	1770	1778	1788
Differenz:	+ 3	+ 3	— 2	+ 1	— 2	— 2	— 1	0	+ 3	+ 4	+ 6.

	1808	1820	1826	1835	1847	1858	1868
Sonnenfleckenmaxima	1804	1816	1830	1837	1848	1860	1871
Differenz:	+ 4	+ 4	+ 4	— 2	— 1	— 2	— 3.

«Im Mittel folgen die reicheren Erträge den Fleckenmaximis um 0,6 Jahre nach, während sie nach dem Vorhergehenden, als die wirklichen Erträge und nicht relativen Werthe zu Grunde gelegt werden konnten — Nassau, Preußen, Zell, Württemberg, Aargau, Volnay für 1826—73 — den Maximajahren vorausgingen.»

«Stellen wir in übereinstimmender Weise die Zeiten der geringen Erträge zusammen, so erhalten wir für Nassau, Oesterreich und Süddeutschland (nach *Pilgram*), Schweiz (St. Gallen, Küßnacht, Horgen) und Deutschland im Mittel:

	1673	1683	1695	1715	1723	1731	1741	1757	1769	1778	1790
Sonnenfleckenminima	(1660)	1680	1690	1712	1723	1734	1745	1755	1767	1776	1785
Differenz:	—	+ 3	+ 5	+ 3	0	— 3	— 4	+ 2	+ 2	+ 2	+ 5.

Für dieselben Gegenden mit Einbeziehung von Zell, Württemberg, Volnay, Aargau, und Ausschluß von Oesterreich und Süddeutschland (nach *Pilgram*) im Mittel:

	1801	1815	1822	1831	1842	1853	1862
Sonnenfleckenminima	1798	1811	1823	1834	1844	1856	1867
Differenz:	+ 3	+ 4	— 1	— 3	— 2	— 3	— 5.

Im Mittel folgen die Minima der Weinerträge den Minimis der Sonnenflecken um 0,5 Jahre nach. Ziehen wir wieder nur die reinen Ertragsreihen in Betracht — Nassau, Preußen, Zell, Württemberg, Volnay und Aargau — dann gingen von 1822—1862 die geringsten Erträge den Fleckenminimas voraus.»

«Nach den sämmtlichen in Betracht gezogenen Reihen folgen im Mittel die Jahre mit geringeren Erträgen den Fleckenminimis, die Jahre mit hohen Erträgen den Jahren mit Fleckenmaximis um durchschnittlich 0,5 Jahre nach, während die reinen Ertragsreihen, ohne Rücksicht auf die Qualität, ergaben, daß die Minima der Erträge den Fleckenminimis ebenso vorausgehen, wie die höchsten Erträge den Fleckenmaximis. Wir dürfen somit als wahrscheinlich annehmen, daß die Weinerträge durchschnittlich nach den gleichen Perioden wechseln wie die Sonnenflecken.»

Verf. findet dann, indem er den Jahren mit außerordentlich viel, sehr viel, mittleren, wenig oder sehr wenig Ertrag die Werthe von 10, 8, 6, 4 und 2 beilegt, und danach die Erträge der einzelnen Jahre für Nassau, Küßnacht, St. Gallen, Zell und Weinfelden berechnet, daß Maxima der Erträge hervortreten: 1705, 20, 28, 52, 61, 73, 81, 90, 1807, 27, 35, 48, 58.

Demnächst zieht Verf. auch die Qualität der Erträge in Betracht. Er beziffert die Jahrgänge mit ausgezeichneten Weinen mit 10, mit 8 die sehr guten, mit 6 die guten, mit 5 die mittelmäßigen, mit 4 und 2 die schlechten und sehr schlechten und berechnet dann zur Ausgleichung der größten Unregelmäßigkeiten die fünfjährigen Mittel. Es ergeben sich dann als mehr oder minder ausgesprochene Maxima- und Minimazeiten der Weinqualitäten folgende Jahre, welchen die Sonnenfleckenmaxima und -Minima beigefügt sind.

Maxima der Weinqualitäten:	1705	1714	1728	1735	1748	1760	1768	1776	1783	1789
Minima der Sonnenflecken:	1698	1712	1723	1734	1745	1755	1767	1776	1785	—
Differenzen:	+ 7	+ 2	+ 5	+ 1	+ 3	+ 5	+ 1	0	— 2	—

Maxima der Weinqualitäten:	1803	1810	1823	1833	1846	1858	1869			
Minima der Sonnenflecken:	1798	1811	1823	1834	1844	1856	1867			
Differenzen:	+ 5	— 1	0	— 1	+ 2	+ 2	+ 2			
Minima der Weinqualitäten:	1708	1722	1734	1742	1754	1764	1770	1779	1787	1797
Maxima der Sonnenflecken:	1706	1718	1728	1739	1750	1762	1770	1778	1788	—
Differenzen:	+ 2	+ 4	+ 6	+ 3	+ 4	+ 2	0	+ 1	— 1	—
Minima der Weinqualitäten:	1806	1815	1829	1839	1852	1865				
Maxima der Sonnenflecken:	1804	1816	1830	1837	1848	1860				
Differenzen:	+ 2	— 1	— 1	+ 2	+ 4	+ 5.				

«Wie bei den Quantitäten, so haben wir auch bei den Qualitäten der Weinerträge ungefähr so viele Perioden, als solche bei den Sonnenflecken nachgewiesen werden können; nur 1789 kommt ein Maximum, 1797 ein Minimum bei den Weinqualitäten mehr vor. Die mittleren Differenzen betragen bei den Maximas der Qualitäten gegenüber den Sonnenfleckenminimis + 2 Jahre oder erstere folgen den letzteren im Mittel um 2 Jahre nach; bei den Minimis der Qualitäten betragen die Mittel der Differenzen ebenfalls 2 Jahre gegenüber den Fleckenmaximis oder es folgen die ersteren ebenfalls um 2 Jahre den letzteren nach.»

Verf. stellt schließlich den Satz auf, daß die Weinerträge durchaus nicht mit der Unregelmäßigkeit wechseln, wie man gewöhnlich annimmt. Die Erträge sind vielmehr an ziemlich regelmäßig wiederkehrende Perioden von etwas mehr als 11 Jahren mittlerer Länge gebunden, wodurch sie den jetzt festgestellten Sonnenfleckenperioden ganz oder jedenfalls sehr nahe gleichkommen. Hinsichtlich der Quantität der Rebenerträge scheint ein innigeres Anschmiegen an den Wechsel der Sonnenflecken stattzufinden, als hinsichtlich der Qualitäten, wenn schon die Mehrzahl der besten Weinjahre den Sonnenfleckenminima-Zeiten angehören.

Anmerkung des Referenten. Wenn man sich die vom Verf. zusammengestellten Daten und die mittelst derselben angestellten Berechnungen etwas näher ansieht, so muß man sich wundern, wie derselbe sich zur Aufstellung des zuletzt angeführten Satzes berechtigt glauben konnte, denn die Zahlen beweisen das gerade Gegentheil von dem, was Verf. aus ihnen ableitet.

Abgesehen davon, daß die dem Calcül zu Grunde gelegten Weinerträge, wie dies bei allen Erntestatistiken der Fall ist, nur auf Schätzung beruhen und daher immer nur annähernd den wirklichen Erträgen bald im positiven, bald im negativen Sinne gleichkommen, ist die vom Verf. beliebte Berechnungsweise eine mehr oder weniger willkürliche. Derselbe benutzt in seinen Nachweisungen über die Beziehungen der Fleckenperioden zu den Erträgen nicht die wirklichen Maxima und Minima der letzteren, sondern die 5jährigen Mittel, indem er das Mittel aus den Erträgen des betreffenden und denjenigen der beiden vorangegangenen und nachfolgenden Jahre zieht. Dadurch werden die Erträge nahe aneinanderliegender Jahre mehr oder weniger ausgeglichen, was aber die Hauptsache ist: es fallen die auf diese Weise berechneten Maxima und Minima der Erträge nicht mit den wirklichen Maximis und Minimis zusammen. Daher kommt es, daß in dem Jahre, wo nach des Verf. Methode z. B. ein Maximum auftritt, in Wirklichkeit ein geringerer Ertrag erzielt wurde, und umgekehrt. Verschiebungen von 1 bis 2 Jahren zwischen den wirklichen und berechneten Erträgen sind gar nichts Seltenes.

Ein weiterer, sehr wesentlicher Mangel der Untersuchung des Verf. besteht

darin, daß er bei Ausziehung der Jahre mit Maximal- resp. Minimalernten aus den Tabellen ziemlich willkührlich zu Werke geht. So stellt er z. B. für Nassau folgende Jahre mit Maximis der Erträge auf:

1678,5 (1688). 1705. 1717. 1725. 1738. 1749. 1761. 1773. 1782. (a)

während nach den Tabellen sich folgende Jahre ergeben:

1676. 78. 79. 82. 99. 1701 u. 2. 4. 5. 6. 8. 9. 10. 17—21. 24—28. 36—39. 45—53. 60—62. 79—82. (b)

Zieht man nicht die 5jährigen Mittel in Betracht, sondern die wirklichen Maximalernten, so erhält man die Jahre:

1676. 78. 84. 86. 1700. 4. 6. 18. 19. 23. 24. 26. 38. 49. 50. 51. 61. 66. 81. 83. (c)

Wie man sieht, stimmen die vom Verf. behufs Nachweises einer Beziehung der Sonnenfleckenperioden zu den Perioden der Weinerträge gewählten Erntejahre mit Maximalerträgen (a) weder mit den von ihm berechneten (b) noch mit den wirklichen besten Erntejahren überein. Dasselbe gilt dann auch von den bei den übrigen Versuchsorten angeführten Zahlen.

Die weitaus größten Bedenken müssen aber die vom Verf. angestellten Berechnungen der Periodicität der Weinerträge selbst und der Abhängigkeit dieser von den Sonnenflecken erregen. Die Erntejahre mit Maximis und Minimis der Erträge werden den Jahren mit Sonnenfleckenmaximis und Minimis gegenübergestellt und die bezüglichen Differenzen berechnet, die, wie obige Tabellen zeigen, bald positive bald negative Zahlen sind. Indem Verf. die letzteren dann summirt und durch die Zahl der Beobachtungsjahre dividirt, erhält er, was nicht überraschen kann, als mittlere Abweichung einen verhältnißmäßig sehr kleinen Werth (0,5—0,6), womit nach des Verf. Meinung die Abhängigkeit der Rebenerträge von den Sonnenflecken nachgewiesen wäre. Die obigen Zahlen führen bei vorurtheilsfreier Betrachtung indessen gerade zu der entgegengesetzten Schlußfolgerung. Jeder Unbefangene wird zugestehen müssen, daß bei Differenzen von 5 und 6 Jahren, oder bis zu 9 Jahren — wenn man die positiven und negativen Abweichungen mitberücksichtigt — im Hinblick auf die Dauer der Sonnenfleckenperioden (von 11 Jahren) von keiner gesetzmäßigen Beziehung der letzteren zu den Weinerträgen sprechen kann, und daß unter solchen Verhältnissen die Berechnung der mittleren Abweichung durchaus unstatthaft ist. Mittelst einer solchen, vielfach in der Statistik beliebten Methode gelangt man zu allerlei Gesetzmäßigkeiten, welche aber für den concreten Fall nicht maßgebend sind. Abgesehen von den oben aufgeführten Anständen gilt letzteres auch von des Verf. Untersuchungen. Hohe und niedrige Ernten treten mit außerordentlicher Unregelmäßigkeit und im Durchschnitt je nach der Oertlichkeit in verschiedener Zahl auf. So wurden z. B. in der Periode von 1670—1870 in Nassau ca. alle 7 Jahre sehr gute, alle 6 Jahre schlechte Ernten erzielt, während in St. Gallen die betreffenden Intervalle 9 resp. 11 Jahre betrugen. Wäre Verf. Hypothese richtig, so müßten übrigens auch die Jahre mit guten und schlechten Erträgen in den verschiedenen Gegenden übereinstimmen, was, wie die vom Verf. mitgetheilten Zahlen darthun, nicht der Fall ist. *E. W.*

***J. Liznar.* Beziehungen der täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen zu den Sonnenfleckenperioden.** Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. II. Abth. Bd. LXXXII. S. 864 u. « Der Naturforscher » 1881. Nr. 14. S. 129.

Die seit $2^1/_2$ Jahrhunderten angestellten Beobachtungen der Sonnenflecken

beweisen, daß Aenderungen an der Oberfläche der Sonne vor sich gehen, die sich in periodischen Schwankungen ihrer Häufigkeit dokumentiren. Da nun die meteorologischen Erscheinungen unserer Atmosphäre namentlich aber die Temperaturerscheinungen direkt von der Sonne abhängen, so hat man schon vor langer Zeit angefangen, einen Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen zu suchen, und es gelang einen solchen Zusammenhang überzeugend nachzuweisen; so unter Anderen von *Köppen* in einer Abhandlung[1]), in welcher gezeigt ist, daß die mittlere Temperatur in den unteren Schichten der Atmosphäre eine elfjährige Periode derart befolgt, daß den Jahren mit Fleckenmaximis ein Minimum, jenen mit Fleckenminimis dagegen ein Maximum der Temperatur entspricht. Die Wendepunkte beider Curven fielen aber nicht zusammen, vielmehr zeigte sich ein Unterschied zwischen den Tropen und den ektropischen Zonen darin, daß in den ersteren die Wendepunkte der Temperatur früher, in den letzteren später eintreten, als jene der Sonnenfleckencurve, und zwar um so später, je weiter man sich den Polen nähert.

Ueber den Grund der Temperaturänderung sind die Ansichten noch verschieden. Manche nehmen an, daß die Sonne beim Fleckenmaximum ein Maximum, beim Fleckenminimum ein Minimum ausstrahle; während Andere das Gegentheil behaupten. Soviel scheint sicher, daß die Sonnenflecken dabei nicht direkt durch die Verdunkelung eines Theils der Sonnenscheibe, also als partielle Finsternisse bei unverändertem Strahlungsvermögen des Restes wirken, denn bei dieser Annahme müßte die Temperaturänderung als Summationswirkung später eintreten, als die Aenderung der Strahlungsintensität, während faktisch gerade umgekehrt die Sonnenflecken ihre Maxima und Minima erst nach den entsprechenden Wendepunkten der Temperatur erreichen. Es muß nach dem Verlauf dieser Curven eher vermuthet werden, daß das Minimum der Sonnenstrahlung dem Maximum der Flecken und das Maximum der Strahlung dem Minimum der Flecken vorhergehe.

In Beziehung zur Periode der Sonnenflecken war nun bisher nur die Aenderung der mittleren Temperatur untersucht worden; wenn aber, wie dies wohl erwiesen ist, eine Einwirkung der Sonnenflecken auf unsere Atmosphäre vorhanden ist, so muß sich dieselbe am deutlichsten in den Temperaturänderungen offenbaren.

Es hat daher *J. Liznar* eine Untersuchung angestellt, ob nicht auch die tägliche und jährliche Schwankung der Temperatur eine den Sonnenflecken entsprechende Periode zeige.

«Nimmt man an, und das ist das nächstliegende, die Intensität der Sonnenstrahlung ändere sich mit dem Fleckenstande, und zwar entspreche einem Maximum der Flecken ein Minimum, einem Minimum der Flecken ein Maximum der Strahlung, so kann man dann folgern, daß auch die tägliche Schwankung der Temperatur einer Aenderung unterliegt, so daß ein Maximum derselben zur Zeit des Minimums, ein Minimum derselben dagegen zur Zeit des Maximums der Flecken auftritt. Denn geradeso wie die tägliche Temperaturänderung im Sommer, wo die Strahlung stärker ist, größer sich zeigt, als im Winter bei geringerer Strahlung, ebenso müßte ein Unterschied in den Jahres-

[1]) Vergl. Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteorologie. 1873. Nr. 16 u. 17 (Bd. VIII. S. 241—248 und 257—268). 1880. Juliheft Bd. XV. S. 279—283 und 1881. Bd. XVI. S. 140—150. Ferner dieselbe Zeitschrift 1881. S. 183—194.



mitteln derselben bei verschiedenem Fleckenstande sich zeigen.» Von dieser Idee aus hat *Liznar* für die Stationen: Petersburg, Katharinenburg, Barnaul, Prag, Caslau, Brünn, Wien, Kremsmünster, Triest, Rom, Calcutta, Batavia und Hobarton, soweit eben Material aus diesen Stationen zu Gebote stand, die mittlere tägliche Schwankung der Temperatur berechnet, entweder aus den stündlichen, oder aus den Stunden-Beobachtungen, und zwar zunächst für jeden Monat, und das Mittel der 12 Monatswerthe wurde als mittlere Schwankung für das betreffende Jahr in eine Tabelle eingetragen. In drei Tabellen sind nun für die Jahre 1837 bis 1875 die täglichen Temperaturschwankungen der angegebenen Stationen zusammengestellt und zur Vergleichung dieser Daten mit dem Verlaufe der Sonnenfleckencurve die *Wolff*'schen Relativzahlen beigesetzt.

Die Betrachtung dieser Tabellen zeigt bei jeder Station die Veränderung in der mittleren täglichen Schwankung von einem Wendepunkte der Sonnenfleckencurve bis zum nächsten sehr deutlich ausgeprägt. Am schönsten ist dies für Wien zu verfolgen; doch selbst für Petersburg sind die Unterschiede deutlich, wenn auch hier die Wendepunkte beider Erscheinungen nicht zusammenfallen, was ja bei Stationen in so hohen Breiten nicht zu erwarten war.

Batavia und Calcutta, für die nur wenig Beobachtungsjahre zur Verfügung standen, zeigen trotzdem die Erscheinung der Veränderung in der täglichen Schwankung sehr deutlich.

Um nun wenigstens für eine Sonnenfleckenperiode die entsprechende Curve der Temperaturschwankung ableiten zu können, hat *Liznar* das Mittel der Werthe für Wien, Prag, Caslau, Brünn und Triest gebildet und aus den ausgeglichenen Werthen der Jahre 1857 bis 1870 eine Curve gebildet, welche für die Minima der täglichen Schwankung in den Jahren 1859/60 und 1870/71 eine sehr gute Uebereinstimmung mit den entsprechenden Wendepunkten der Sonnenfleckencurve zeigt; das Maximum der täglichen Schwankung ist aber dem Minimum der Flecken um ungefähr 2 Jahre voraus.

Wenn dieses Resultat auch nur aus Daten weniger Orte abgeleitet ist und nur eine Periode der Sonnenflecken umfaßt, so ist doch die Uebereinstimmung so groß, daß eine Zufälligkeit wohl ausgeschlossen werden muß; und *Liznar* ist der Ueberzeugung, «daß bei Verwendung der Aufzeichnungen vieler Orte, die Curve der täglichen Schwankung einen Verlauf zeigen wird, der den Einfluß der Sonnenflecken deutlicher oder mindestens ebenso deutlich charakterisirt, als jener der Curve mittlerer Temperatur».

Ueber die jährliche Temperaturschwankung war jüngst aus Leipziger Beobachtungen der Schluß abgeleitet, daß den Jahren mit tiefster Temperatur die größte, jenen mit höchster dagegen die kleinste jährliche Schwankung entspricht. Diesen Satz hat *Liznar* zunächst an den Beobachtungen mehrerer Stationen geprüft und bestätigt gefunden. Hierauf hat er die jährlichen Temperaturschwankungen für die drei Epochen 1699 bis 1781, 1778 bis 1841 und 1841 bis 1873 berechnet, und zwar standen ihm für die erste Epoche nur die Beobachtungsreihe von Paris, für die zweite Beobachtungen aus Wien, Prag, Kremsmünster, Mailand und Paris, und für die dritte Epoche außer den genannten Stationen noch Triest, Bodenbach und Genf zur Verfügung.

Die Mittel der einzelnen Jahre sind in Tabellen zusammengestellt, aus den-

selben die Curven der Temperaturschwankung gezeichnet und mit der Curve der Sonnenflecken verglichen. Diese Curven zeigen nun eine sehr schöne Uebereinstimmung im Anfange des 18. Jahrhunderts bis in die 50er Jahre desselben und von den 20er Jahren dieses Jahrhunderts bis 1872; hingegen entsprechen in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts Maxima der Schwankungen Minimis der Sonnenflecken, eine Differenz, die sich schon bei den älteren Vergleichungen der Temperatur mit den Sonnenflecken gezeigt hatte.

Nachdem somit in Vorstehendem nachgewiesen ist, daß die tägliche Temperaturschwankung dasselbe Gesetz befolgt, wie die mittlere Temperatur, und daß auch die jährliche Schwankung eine der Sonnenfleckenperiode entsprechende Veränderung zeigt, bespricht *Liznar* die wahrscheinliche Ursache dieser Veränderungen. Daß zur Zeit des Fleckenminimums die Sonnenstrahlung am größten ist, dafür sprechen die höheren Mitteltemperaturen und die größere tägliche Temperaturschwankung. Es sprechen ferner dafür die Versuche von *Langley*[1]), der durch direkte Messung gezeigt, daß die Strahlungsintensität der Sonnenfleckenkerne geringer ist, als die der übrigen Photosphäre. Aber hierdurch ist die Annahme, daß die Sonne beim Minimum der Flecke die meiste Wärme ausstrahle, noch keineswegs erwiesen. Es muß vielmehr, wenn dieselbe begründet ist, den Jahren mit Fleckenminimum auch die höchsten, jenen mit Fleckenmaximum die tiefsten Maximaltemperaturen entsprechen, und dasselbe müßte man für die Minimaltemperaturen der entsprechenden Jahre erwarten. *Liznar* hat dieses an dem ihm zugänglichen Material geprüft, und fand, daß den Jahren mit Fleckenmaximum die höchsten Maxima und tiefsten Minima, jenen mit Fleckenminimum dagegen die tiefsten Maxima und höchsten Minima entsprechen. Das ist aber theilweise das Gegentheil von dem, was die obige Annahme zu erwarten berechtigt. Aber auch die entgegengesetzte Ansicht, daß den Jahren mit Fleckenmaximum resp. Minimum auch ein Maximum oder Minimum der Strahlung entspreche, stimmt nicht mit den bisherigen Resultaten; es wäre bei dieser Annahme sehr schwer, ja unmöglich, alle die Aenderungen zu erklären.

«Wir sehen sonach, daß nach den bisherigen Kenntnissen über die Beziehung der Sonnenflecke zur Temperatur auf die Ursache der Veränderungen der letzteren nicht geschlossen werden könne. Die Aufmerksamkeit, welche diesen Erscheinungen von Seiten der Meteorologen gewidmet wird, läßt uns hoffen, daß in nicht zu langer Zeit auch dieses Räthsel einer Lösung entgegengeführt werden wird[2]).»

***L. Howard.* Ueber die Abhängigkeit des Niederschlages von der Höhe des Regenmessers über dem Boden.** Zeitschrift d. österr. Ges. f. Meteor. 1881. Bd. XVI. Decbr.-Heft S. 522.

Im 41. Bande von *Gilbert's* Annalen der Physik findet sich eine Abhandlung von *Luke Howard*: Beobachtungen über den Regen und über die Regenmesser. Nachdem er die Aufstellung seiner zwei Regenmesser beschreibt und die Resultate seiner in beiden gemachten Messungen vom 24. Oktober bis 21. November 1811

[1]) Vergleiche «Der Naturforscher» X, 49.

[2]) Vergl. *W. Köppen*, Ueber mehrjährige Perioden der Witterung. Zeitschrift der österr. Gesellschaft der Meteorologie. Bd. VIII. 1873. S. 241—248 und 257—258. Bd. XV. 1880. S. 279 bis 283. Bd. XVI. 1881. S. 140—150 und 183—194.



anführt, bespricht er die bis dahin herrschenden Ansichten über die Verschiedenheit der Messungsresultate in verschiedenen Höhen und fährt dann fort:

«Es giebt indes noch eine andere Ursache der Verschiedenheit in diesen Resultaten, die man nicht gehörig beachtet zu haben scheint; nämlich durch zufällige Luftströme bewirktes schiefes Herabfallen des Regens. Am 25. September hatte der obere Regenmesser nur 0,12, der untere dagegen 0,46 Zoll Wasser aufgefangen. Der Wind blies stoßweise aus W, und ihm glaubte ich Antheil an dieser Verschiedenheit zuschreiben zu dürfen. Ich stellte daher am 27. September zwei andere Regenmesser in gleichen Höhen, den einen Nr. 3 in einer benachbarten Dachrinne im Niveau mit dem westlichen platten Dache des Hauses, den andern, Nr. 4, ungefähr 20 Fuß davon unter dem Winde, doch geschützt zwischen den Dächern. Es fing damals an mit ziemlich großen Tropfen zu regnen, bei frischem SW-Wind. Nach 2½ Stunden fand ich in dem ersteren Regenmesser 0,08, und in dem zweiten 0,11 Zoll Regenwasser. Das Udometer Nr. 1 im Niveau der Erdfläche zeigte ebenfalls 0,11 Zoll.

Ich stellte Nr. 4 ungefähr 40 Fuß von Nr. 3 unter dem Winde, nahe bei dem östlichen platten Dache des Hauses, und nun fanden sich nach 1½ Stunden in Nr. 1 0,08, in Nr. 2 0,15, in Nr. 3 0,12 und in Nr. 4 0,14 Zoll Regenwasser. Der Regen hielt 6 Stunden an, und manchmal goß es; der Wind war ziemlich stark und beständig.

In das Udometer, welches auf der Erde stand, fiel fast noch einmal so viel Regenwasser, als in das auf dem Thurme, und das Resultat, welches die beiden andern gaben, lehrte, daß der Unterschied zum Theil von dem Winde herrührte. Es scheint, daß der Luftzug, der an der westlichen Seite des Hauses, neben welcher südlich ein anderes Gebäude steht, gehemmt worden, sich in einer krummen Linie erhoben, und einen Theil des Regens mit sich über das an der Windseite stehende Udometer weggeführt, und diesen Theil an der anderen Seite abgesetzt, und auf diese Art das andere Udometer auf Kosten des ersteren angefüllt habe.

Es scheint folglich, der Regen könne, wie der Schnee, durch den Wind zusammengeweht und angehäuft werden; weshalb es schwierig ist, ein Udometer an irgend einem Theile eines Gebäudes so anzubringen, daß nicht partielle Luftzüge auf die Menge des Regens, den es auffängt, Einfluß haben, und ihn vermehren oder vermindern.

Man darf diesen Umstand, als eine Quelle von Fehlern in den Resultaten der Beobachtungen, welche die obige Tafel darstellt, nicht übersehen.

Da der Meteorolog durch seine Beobachtung des Regenwassers die Menge des Regens wissen will, welche wirklich auf die Erde fällt, so muß der Udometer auf dem Erdboden selbst stehen. Man muß ihn wo möglich von allen Gegenständen entfernen, welche den Wind um ihn her in wirbelnde Bewegung setzen könnten.»

Hätte man diese Arbeit mehr beachtet, so würden viele Regenmessungen, die wir jetzt als unbrauchbar bezeichnen müssen, für uns von größtem Werthe sein.

***J. G. Galle.* Ueber die Abnahme der Regenmenge mit der Höhe.** Zeitschrift d. österr. Ges. f. Met. 1882. Bd. XVII. S. 41—44.

Verf. weist zunächst nach, daß die älteren Angaben über die Regenmenge in Breslau um ein volles Drittheil zu klein gewesen seien, wegen der beträchtlichen Höhe des Aufstellungspunktes des früher benutzten Regenmessers über der Erdoberfläche (33 m).

Um genauere Vergleichungen über den Einfluß der Höhe auf die Regenmengen zu gewinnen, hat Verf. im verflossenen Jahre einen neuen Regenmesser in einer Höhe von 1,5 m in der Nähe der Sternwarte aufgestellt, während gleichzeitig der alte Regenmesser auf der Gallerie der Sternwarte neben drei neuen, von gleicher Auffangfläche wie der untenstehende, beobachtet wurden. Von letzteren war der eine dem unteren ganz gleich, die beiden anderen waren dagegen an einer über ein Stativ sich bewegenden Windfahne befestigt, mit welcher sie sich drehten. Diese Vorrichtung sollte dazu dienen, den Einfluß der am Regenmesser selbst sich stauenden Winde zu eruiren. Zu diesem Zweck war der eine der beiden Regenmesser ein einfach cylindrisches vertikales, unten trichterförmiges Gefäß, der andere dagegen hatte zwar oben die ganz gleiche kreisförmige und ebenfalls horizontale Oeffnung, dann aber einen um 45° gegen den Horizont geneigten (elliptischen) Aufsatz.

Die bisher 16 Monate lang fortgesetzten Versuche haben bei den beiden, an der Windfahne angebrachten und mit dem Winde rotirenden Regenmessern bezüglich der Frage nach der Wirkung einer Stauung des Windes in negativem Sinne entschieden. Irgend eine Stauung oder Ablenkung des Windes ist in diesem Falle und durch diese kleinen Gefäße in der Richtung von unten nach oben nicht erkennbar gewesen. Es hatte sogar das vertikale Gefäß im Mittel $^1/_{30}$ oder 3% mehr Niederschläge geliefert als das schräge dem Wind zugekehrte, bei dem das größere Quantum erwartet wurde. Wenn dieser geringe Unterschied nicht auf einem Zufall beruht, könnte er nach des Verf. Meinung dadurch erklärt werden, daß in dem schrägen Theil des Regenmessers kleinere Mengen nicht so schnell herablaufen als an der vertikalen Wand des anderen Regenmessers und daß daher dieser kleine Betrag durch Verdunstung verloren gegangen sein kann.

Schließlich mögen noch die Verhältnißzahlen angeführt werden, um wieviel der in 1,5 m Höhe aufgestellte Regenmesser in den verflossenen 16 Monaten mehr Niederschläge gegeben hat, als die vier hoch (33 m) aufgestellten. Das Verhältniß betrug bei dem alten Regenmesser = 1 : 1,3159, bei den drei neuen = 1 : 1,3400; resp. 1,3026 und 1,3446. Es ist daher das Verhältniß der gemessenen Niederschläge unten und oben nahe = 4 : 3 und stimmt zufällig genau mit der Zahl, die aus 19jährigen Vergleichungen der Beobachtungen im botanischen Garten (0,2 m Höhe) mit den auf der Sternwarte gefunden worden war. *E. W.*

***A. Sprung.* Ueber die Messung der Niederschläge.** Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteorologie. Bd. XVII. 1882. S. 141.

Verf. schlägt eine Methode vor, mittels welcher man die Niederschlagsmengen, sowie auch die tägliche Periode des Regenfalls leichter und bequemer als bisher feststellen kann. Er empfiehlt 1) den Regenmesser auf dem Dache des Hauses aufzustellen; nach *Nipher's* Untersuchungen[1]) über die Wirkung eines den oberen Theil des Regenmessers umgebenden Kragen von Kupferdrahtgeflecht wäre dies zulässig; 2) den Schnee dadurch zu schmelzen, daß man die Luft eines geheizten Zimmers durch die hohle Wand des Regenmessers streichen läßt; 3) das Regenwasser vermittelst eines engen Metallrohres in ein nicht allzu tief unter dem Dach gelegenes Zimmer zu leiten.

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. II. 1879. S. 523–525.

Wollte man letzteres in der nächstliegenden primitivsten Weise ausführen, so würden allerdings kleinere Regenmengen ganz im Zuleitungsrohr stecken bleiben; man muß also dafür sorgen, daß das Rohr stets mit Regenwasser gefüllt ist, was sich dadurch erreichen läßt, daß man den Druck der Wassersäule durch eine Quecksilbersäule äquilibrirt (Fig. 4 *B q*); die Höhe der letzteren wird ungefähr derjenigen eines Barometers gleich kommen, wenn das Wasserrohr (*r*) 2—3 Etagen passiren muß. Eine Vergrößerung der Quecksilberkuppe dürfte kaum erforderlich sein, ließe sich aber durch einen Schwimmer leicht erreichen; ebenso wäre auf diese Weise eine automatische Registrirung des Regenfalls ohne erhebliche Kosten auszuführen.

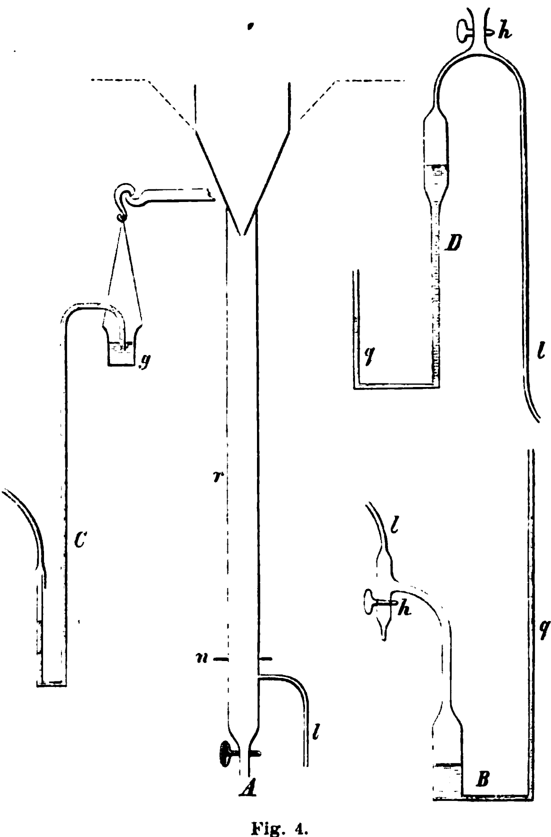


Fig. 4.

Will man die Registrirung kontinuirlich mit Hilfe eines automatisch fortschreitenden Laufgewichtes erfolgen lassen, so empfiehlt sich die in Fig. 4 *C* dargestellte Form der Quecksilbersäule; das Quecksilbergefäß *g*, welches hier dieselbe Stelle einnimmt wie das Barometer am Barographen[1]), füllt oder entleert sich, je nachdem der Druck der Wassersäule steigt und fällt, und ändert dementsprechend sein Gewicht. Diese Registrirung der Regenmenge wird sich mit derjenigen des Luftdrucks und der Temperatur, eventuell auch noch mit der automatischen Wägung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft leicht vereinigen lassen.

Als passende Dimensionen für den eigentlichen Regenmesser (Fig. 4 *A*) bringt Verf. folgende in Vorschlag: Radius der kreisförmigen Auffangöffnung 12,61 cm (= 1/20 □m); Radius des vertikalen und möglichst genau cylindrischen Wasserstandrohres (*r*) 3,4 cm; alsdann verhalten sich die beiden Querschnitte wie 13,6 : 1, so daß die Bewegung der Quecksilberkuppe in *q* für ein Millimeter Regenfall fast genau 1 mm beträgt. Die Höhe des Cylinders *r* muß sich natürlich nach der in

[1]) Zeitschrift der österr. Ges. f. Met. 1881. S. 1.

24 resp. 12 Stunden zu erwartenden Regenhöhe richten, indem letztere, mit 13,6 multiplicirt, die Höhe des Cylinders ergiebt; bei den in der Figur angenommenen Dimensionen darf der Regenfall 100 mm betragen.

Das Rohr *r* ist unten noch über die Einmündung des Leitungsrohres *l* hinaus zu verlängern, damit feste Körperchen daselbst sich ablagern können und das Rohr *l* von Verunreinigungen frei bleibt. Die regelmäßige Entleerung von Regenwasser kann in der Nähe der Quecksilbersäule durch einen Hahn *h* geschehen; man läßt jedesmal so viel Wasser ausfließen, daß das Quecksilber bis zur «Nullpunktmarke» herabsinkt; je nach den Temperaturverhältnissen wird alsdann das Niveau *n* des Wassers im Rohre *r* ein wenig variiren; da sich aber erstere im Laufe eines Tages im Allgemeinen nicht wesentlich ändern werden, so dürfte eine Berücksichtigung des geringeren störenden Einflusses der Temperatur überhaupt nicht erforderlich sein.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die Anwendung der äquilibrirenden Quecksilbersäule auch dann noch Vortheile bieten kann, wenn man sich auch nicht zur Aufstellung des Regenmessers auf dem Dache entschließen will. Soll z. B. bei der gewöhnlichen Aufstellung (1—2 m über dem Erdboden in genügender Entfernung vom Hause) die Beobachtung in der ersten oder zweiten Etage geschehen, so ist die Einrichtung etwa so zu treffen, wie Fig. 4 *D* sie darstellt: das System repräsentirt alsdann einen Heber, bei welchem der lange Schenkel mit Wasser, der kurze mit Wasser und Quecksilber gefüllt ist; da beide Flüssigkeitssäulen vom Luftdruck getragen werden, so darf die Quecksilbersäule die Höhe des Barometerstandes nicht erreichen. Die Montirung kann dadurch erfolgen, daß man sowohl das kurze Rohr *q* als auch die untere Oeffnung des Zuleitungsrohres *l* verschließt und von oben her Quecksilber und Wasser einfüllt, bis das Wasser am Hahn *h* überläuft, welcher hierauf geschlossen wird; es dürfte sich hierzu die Anwendung ausgekochten, luftfreien Wassers empfehlen. Die Entleerung muß in diesem Falle am Regenmesser selbst geschehen. Liegt das Beobachtungszimmer mit dem Regenmesser ungefähr auf gleichem Niveau, so wird natürlich das Quecksilber ganz vermieden werden können, so lange man auf eine automatische Registrirung verzichtet; die bloße Beobachtung aber ist alsdann sehr bequem und genau, so daß die hiedurch gebotenen Vortheile reichlich die etwas größeren Kosten der Anlage aufwiegen dürften. *E. W.*

***E. Stelling*. Das Atmometer von H. Wild zur Bestimmung der Verdunstung von einer freien Wasserfläche.** Aus einer der Akademie in Petersburg am 22. December 1881 vorgelegten Abhandlung des Verf.

Das von *H. Wild* erfundene Atmometer ist folgendermaßen konstruirt.

Auf der Oberfläche des Teiches schwimmt die Verdunstungsschale *A*, die wie der ganze Apparat aus Zinkblech besteht, den oberen Rand dieser Schale bildet ein genau abgedrehter Messingring, dessen Durchmesser 35,72 cm beträgt, die Oeffnung der Schale ist somit = 1002,1 □cm und da von dieser Größe der Querschnitt des Stöpsels *B* von 2,11 □cm in Abzug zu bringen ist, so beträgt die verdunstende Oberfläche des Wassers in der Schale 1000 □cm. Der inwendig hohle Stöpsel *B* ist in ein an dem Boden der Schale mündendes Rohr eingeschliffen, welches aus der Schale in das untere Gefäß *C* führt; der Stöpsel hat bei *h* einen seitlichen Ausschnitt, welcher den Zweck hat, einem Ueberlaufen des Wassers

über den Rand der Schale bei starken Niederschlägen vorzubeugen. Wenn bei starkem Regen das Niveau des Wassers bis *h* gestiegen ist, so läuft das weiter hinzukommende Wasser durch diese Oeffnung in das Gefäß *C* ab, wodurch ein weiteres Steigen des Wassers bis zum Rande der Schale verhindert ist. Damit hiebei die Luft aus dem Gefäß *C* frei entweichen kann, ist der eine Träger *D*, welcher die Schale mit dem unteren Theil des Apparates verbindet, inwendig hohl und mündet bei *o* seitlich von der Verdunstungsschale. An das Gefäß *C* schließt sich unten ein Rohr an, in welches bei *E* ein Hahn eingesetzt ist und welches weiter unten bei *F* ein Gewicht trägt; letzteres ist so abgepaßt, daß der ganze Apparat bis etwa 1,5 cm unterhalb des Randes der Verdunstungsschale in das Wasser einsinkt, wenn er in das Bassin gesetzt wird und ein Liter Wasser in die Schale gegossen ist.

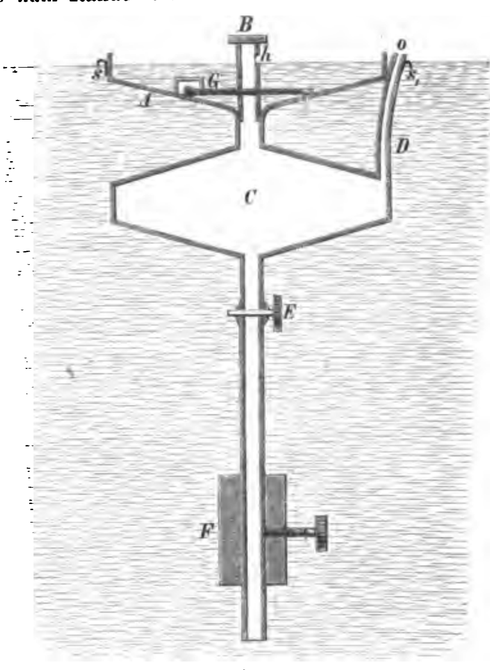


Fig. 5.

Da bei starken Niederschlägen der Apparat in Folge der Zunahme seines Gewichtes ganz unter das Wasser sinken könnte, so sind an der äußeren Wand der Schale zwei Haken *s* und s_1 angelöthet, mit welchen der Apparat sich auf zwei gespannte Drähte stützt und dadurch vor dem Untersinken bewahrt wird. Zur Bestimmung der Temperatur des Wassers in der Verdunstungsschale liegt in derselben ein Thermometer *G*, dessen Kugel durch einen kleinen Metallschirm vor der Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen geschützt ist. Zur Bestimmung des verdunsteten Wasservolumens gehört zum Atmometer ein Meßglas, welches direkt von 5 zu 5 cbcm getheilt ist; 1 Theilstrich des Glases entspricht somit einer Verdunstungshöhe von 0,05 mm. Um den Apparat für die Beobachtungen bereit zu machen, wird der Hahn *E* geschlossen, das Instrument in den Teich gesetzt und aus einem besonderen, bis zum engen Oeffnungsrand genau 1 Liter fassenden Messinggefäß 1 Liter reines Wasser in die Verdunstungsschale gegossen. Zum nächsten Beobachtungstermin liest man zuerst das Thermometer ab und zieht sodann den Stöpsel *B* heraus, so daß alles Wasser in das Gefäß *C* fließt; hierauf hebt man das Instrument aus dem Wasser und setzt es auf ein passendes Gestell, wobei das an den Wänden haftende Wasser abtröpfelt; dann öffnet man den Hahn *E* und läßt das Wasser in das darunter gestellte Meßglas laufen. Wenn in der Zwischenzeit kein Niederschlag stattgefunden hat, so repräsentirt das an

einem Liter fehlende Wasservolum direkt die verdunstete Wassermenge. Hat es dagegen in der Zeit zwischen zwei Beobachtungen geregnet, so ist zu dem anfänglich eingegossenen Liter Wasser noch das Wasserquantum hinzu zu addiren, welches in die Verdunstungsschale hineingeregnet ist und davon dann die schließlich abgelassene Wassermenge zu subtrahiren. Zur Bestimmung der aufgefangenen Regenmenge schwimmt neben dem Atmometer ein Regenmesser von genau derselben Größe und fast gleicher Konstruktion wie das erstere Instrument. *E. W.*

A. Violi. **Beobachtungen über die Verdunstung des Wassers.** Rendiconti Reale Instituto Lombardo. Ser. II. Vol. XIV und «Der Naturforscher» 1882. Nr. 7. S. 68.

Mit einem dem *Cantoni*'schen Evaporimeter[1]) ähnlichen Apparate, der im Wesentlichen aus einem Recipienten mit konstantem Niveau bestand und mit einer Meßröhre communicirte, hat Verf. Beobachtungen über die Verdunstung des destillirten Wassers angestellt, deren Ergebnisse in einer Tabelle zusammengestellt sind. Aus den Zahlenwerthen werden folgende Schlüsse abgeleitet:

«Das Verhältniß zwischen der Geschwindigkeit der Verdampfung und dem Querschnitt der verdunstenden Oberfläche ist subordinirt der Schnelligkeit der Verdunstung, die abhängig von den Bedingungen der Temperatur, der Trockenheit, des Mediums u. s. w.

In Recipienten von gleichem Querschnitt nimmt die Geschwindigkeit der Verdunstung merklich zu, wenn die Flüssigkeit von Fließpapier verdunstet, sie nimmt ferner zu mit dem Perimeter der verdunstenden Oberfläche; sie nimmt hingegen ab mit dem Wachsen des Abstandes der Flüssigkeitsoberfläche vom Rande des Recipienten.»

Hamberg. **Ein neues Bodenthermometer.** Bihang till k. Svenska Vet. Akad. Handlingar. Bd. VI. Nr. 17 und Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. Bd. XVII. 1882. S. 116.

Dieses neue Erdthermometer hat mit dem *Lamont*'schen gemein, daß es in eine Röhre eingelassen wird und nicht fix eingegraben wird. Im Uebrigen ist dasselbe folgendermaßen eingerichtet:

1) Das Thermometergefäß ist länglich, das ganze Thermometer (das Gefäß mit Mousselin umgeben) wird von einem Glascylinder eingehüllt. Das Ganze wird noch von einer Buchenholzeinfassung geschützt, die nur die Skala sichtbar läßt.
2) In die Tiefe des Bodens, wo die Temperatur gemessen werden soll, wird ein kleiner Eisencylinder eingelassen, welcher mittels eines starken Glasrohres mit Hilfe von Kautschukpfropfen an eine bis oben reichende Röhre aus Kupfer befestigt ist.
3) Die Kupferröhre wird bis zu dem unten unmittelbar mit der Erde in Berührung befindlichen Eisencylinder, welcher zur besseren Mittheilung der Wärme Quecksilber enthält, von einem beträchtlich weiteren Holzrohre umgeben, welches oben in die Luft ragt und geschlossen werden kann.

Das Thermometer wird durch die Kupferröhre in's Quecksilber des Eisencylinders herabgelassen an einer Schnur oder einem Stabe und zur Ablesung jedesmal heraufgezogen.

---

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 468—470.



Die erhaltenen Resultate sind sehr befriedigend, das Instrument nicht theuer — für 0,5 m Tiefe kostet dasselbe in Stockholm ca. 40 Frs., für größere Tiefen tritt eine geringe Preissteigerung ein.

***H. Darwin.* Verbesserung des Roscoe'schen selbstregistrirenden chemischen Actinometers.** Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. Bd. XVII. 1882. S. 22.

Nach *Roscoe's* Methode[1]) wird ein präparirter Papierstreifen auf einer um ihre horizontale Achse drehbaren Trommel befestigt; über derselben befindet sich ein Messingblech, in welches eine kleine Oeffnung gemacht ist und an das Papier von oben mittels einer Feder angedrückt wird, so daß immer nur der durch die Oeffnung sichtbare kleine Theil des Papieres dem Lichte ausgesetzt ist, alles Andere sich in totaler Dunkelheit befindet. Die Trommel dreht sich ruckweise um ihre Achse und zwar alle Stunden, so daß die ersten 3 Minuten der Stunde eingetheilt sind in Expositionszeiten für der Reihe nach unter die Oeffnung tretende Stellen des Papiers von 2, 4, 6, 10, 20, 40, 90 Sekunden; die hierauf unter die Oeffnung tretende Stelle des Papiers bleibt 57 Minuten exponirt und ist daher unbrauchbar. Damit nur nach einer Umdrehung der Trommel um ihre Achse nicht wieder die gleichen Stellen zur Exposition gelangen, bewirkt ein Uhrwerk die horizontale Verschiebung der Trommel von hinten nach vorne, so daß dann die exponirten Stellen eine Spirale über dem auf die Trommel gespannten Papiere beschreiben. *Abney* hat hierzu einen Ablesungsapparat zur Bestimmung der chemischen Intensität in den einzelnen Stunden angegeben, der die täglichen Operationen erleichtert.

***G. A. Hagemann.* Aspirations-Anemometer.** Sur les anémomètres. Annuaire de l'Institut météorologique Danois pour l'année 1876. Mitgetheilt von *E. Wild* in der Zeitschrift d. österr. Ges. f. Met. XVII. 213. 1882.

In der neuesten Form, in welcher das *Hagemann*'sche Anemometer gegenwärtig vom Universitätsmechaniker *C. Nyrop* in Kopenhagen angefertigt wird, besteht dasselbe aus einer vertikalen Röhre, die etwa in das Dach des Observatoriums eingesetzt ist und am oberen äußeren Ende in eine konische Spitze mit 3 mm weiter Oeffnung ausläuft, am unteren inneren Ende mit einem Bleirohr oder auch einem Kautschukschlauch verbunden und durch diesen mit dem Druckmesser in Kommunikation gesetzt ist. Der letztere ist ein cylindrisches Gefäß mit aufgesetztem Zifferblatt, das zum Theil mit Wasser gefüllt ist und eine unten offene, oben geschlossene Glocke umschließt. Diese ist mit einem Faden an der Zeigerachse aufgehängt und ihr Gewicht wird durch eine seitliche Feder balancirt, welche ebenfalls vermittelst eines umschlungenen Fadens die Achse nach der entgegengesetzten Seite zu drehen strebt. In den Luftraum der Glocke führt von unten die mit dem Bleirohr oder Schlauch verbundene Röhre hinein. Streicht der Wind oben über den Rand der Konusöffnung hin, so wird die Luft in dem Rohrsystem und in der Glocke verdünnt, dieselbe sinkt daher tiefer in das Wasser ein, bis die Spannkraft der Feder das Gleichgewicht wieder herstellt. Da die Verdünnung und damit das Sinken der Glocke, resp. die Bewegung des Zeigers auf dem Zifferblatt um so größer ist, je stärker der Wind weht, so kann also aus der letzteren auf die Windstärke geschlossen werden. Die Theilung des

[1]) *Poggendorff's* Annalen. Bd. 151. 1874. S. 268.

Zifferblattes ist übrigens, wohl empirischen Versuchen zu Folge, so eingerichtet, daß man nach Belieben entweder den Druck oder die Geschwindigkeit des Windes nach Metern pro Sekunde ablesen kann. Vergleichende Beobachtungen an einem solchen Instrumente und einem *Robinson*'schen Anemometer, welche im physikalischen Central-Observatorium in St. Petersburg über ein Jahr lang fortgesetzt worden sind, haben zu jeder Jahreszeit eine recht befriedigende Uebereinstimmung beider ergeben und während der ganzen Zeit keine Unterbrechung in der guten Funktion des *Hagemann*'schen Anemometers erkennen lassen.

Das Instrument ist einfach, leicht zu behandeln und gestattet eine bequeme Ablesung auch zur Nachtzeit, da der Druckmesser in beliebiger Entfernung von der Röhre im Dach aufgestellt werden kann, wenn nur die Verbindungsröhre beider nicht zu eng — nicht unter ungefähr 5 mm innerer Weite — ist.

F. Krasan. **Ueber den kombinirten Einfluß der Wärme und des Lichtes auf die Dauer der jährlichen Periode der Pflanzen.** Bot. Jahrb. f. System., Pflanzengesch. u. Pflanzengeogr. von Engler. Bd. III. Heft 1. 1882. S. 74—128.

H. Hoffmann. **Thermische Vegetationskonstanten; Sonnen- und Schattentemperaturen.** Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met. 1882. Bd. XVIII. April-Heft. S. 121—131.

J. d'Arbaumont. **Effets produits s. certains végétaux par les gelées de l'hiver 1879—80.** Paris 1881.

G. W. Kachelmann. **Die Einwirkung des Frostes auf das Pflanzenleben und die Verschiedenheiten desselben im Auftreten nach Standorten.** Wochenbl. f. Land- und Forstw. Wien, Pest u. Berlin. 1882. Nr. 12 u. 13.

A. Brtnik-Uba. **Ueber das Auswintern des Rapses.** Prager landw. Wochenblatt. 1880. Nr. 19.

R. Börnstein. **Regen oder Sonnenschein?** Gemeinverständlicher Leitfaden der Wetterkunde. Berlin 1882. Paul Parey.

H. J. Klein. **Allgemeine Witterungskunde.** Leipzig 1882. G. Freitag.

W. Köppen. **Ueber mehrjährige Perioden der Witterung.** Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met. 1881. Bd. XVI. S. 140—150 u. 183—194.

E. Stelling. **Ueber die Abhängigkeit der Verdunstung des Wassers von seiner Temperatur.** Repert. f. Meteorologie. Bd. VIII. Nr. 3.

Stefan. **Ueber die Verdampfung aus einem kreisförmig oder elliptisch begrenzten Becken.** Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. II. Abtheilung. Mai-Heft 1881. Bd. LXXXIII.

Stefan. **Versuche über Verdampfung.** Ibid. Bd. LXVIII. 1874.

Ch. A. Vogler. **Die Schwankungen des Sauerstoffgehaltes in der Atmosphäre.** Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met. 1882. Bd. XVII. S. 175—181.

E. Loomis. **Die mittleren jährlichen Regenmengen für verschiedene Gegenden der Erde.** Americ. Journ. of Sc. Ser. 3. Vol. XXIII. Jan. 1882.

G. Wilhelm. **Die atmosphärischen Niederschläge in Steiermark** im Jahre 1879, 1880 u. 1881. Graz 1880—82.

Die moderne Meteorologie. Sechs Vorträge, gehalten auf Veranlassung der met. Gesellsch. in London. Deutsche Originalausgabe. Braunschweig 1882. Vieweg u. Sohn.



I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XVII. Ueber den Einfluß der Düngung mit organischen Substanzen auf die Bodentemperatur.

Von Dr. **Friedr. Wagner,**
Assistent am agrikulturphysik. Laboratorium und Versuchsfelde der techn. Hochschule in München.

Durch Einverleibung von Düngemitteln organischen Ursprungs werden die Eigenschaften des Ackerbodens nach zwei Richtungen hin Aenderungen erfahren, welche für das Gedeihen der Kulturpflanzen eine mehr oder minder weitgehende Bedeutung erlangen können. Einmal wird der Boden durch die Bereicherung mit leicht aufnehmbaren Pflanzennährstoffen, durch die günstigere Gestaltung seines Absorptionsvermögens, sowie durch die bedeutende, in Folge der Zersetzung der organischen Substanzen gebildete Kohlensäuremenge mit ihrer bodenaufschließenden und bodenlösenden Wirkung mannigfache, in chemischer Hinsicht wünschenswerthe Verbesserungen erleiden. Anderntheils wird aber auch damit gleichzeitig eine günstig verlaufende Modifizirung seiner physikalischen Eigenschaften, welche ebenso wie die chemischen für dessen Fruchtbarkeit von gleich weittragender Bedeutung sind, Hand in Hand gehen. Der Boden erfährt nämlich in dieser Hinsicht eine oft keineswegs belanglose Abänderung seiner Strukturverhältnisse, seiner Beziehungen zum Wasser und, was uns hier am meisten interessirt, seiner Beziehungen zur Wärme.

Es ist freilich nicht zu leugnen, daß die thermischen Verhältnisse im Boden, ceteris paribus, fast ausschließlich von der Wärme, welche derselbe durch die Sonne empfängt, beherrscht werden; allein wir haben es auch noch mit einigen anderen Wärmequellen zu thun, die, wenn auch

weniger belangreich, dennoch, — schon der Vollständigkeit wegen und dann auch, um den Grad der Wirksamkeit der in Betracht kommenden Quellen kennen zu lernen, — studirt zu werden verdienen. Wir können hier absehen von der inneren Erdwärme, weil dieselbe nur für tiefere Bodenschichten von Belang ist, ebenso von der, meist nur vorübergehend zur Wirksamkeit gelangenden, durch Condensation von Wasser, Wasserdampf und Gasen im Boden[1]) hervorgerufenen Temperaturerhöhung. Es erübrigt also nur noch diejenige Wärmequelle kennen zu lernen, welche im Boden bei Zersetzung von organischen (event. anorganischen) Substanzen zur Wirksamkeit gelangt und welche bis jetzt so gut wie gar nicht[2]) zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gemacht wurde.

Daß diese Wärmequelle unter Umständen sehr ergiebig sein kann, wissen wir von dem Verfahren der Gärtner und Pflanzenzüchter, welche durch Anhäufung großer Düngermassen sehr beträchtliche Temperatursteigerungen zu erzielen im Stande sind. Es fragt sich nun aber: wie hoch beläuft sich die Temperaturerhöhung, wenn wir dem Ackerboden nur ein beim Pflanzenbau im Großen übliches Quantum einverleiben? Andererseits liegt aber auch die Frage nahe, ob nicht etwa die in Folge der Düngung herbeigeführte Abänderung der physikalischen Eigenschaften des Bodens die in Betracht kommende Temperatursteigerung eventuell annulliren werde.

Zur Beantwortung dieser Fragen sollten die im Nachstehenden darzulegenden Untersuchungen, welche, mit Ausnahme weniger behufs allgemeiner Orientirung angestellter Experimente, meistens den praktischen Verhältnissen angepaßt wurden, einen Beitrag liefern. Dieselben erstreckten sich erstens auf das Studium über den Einfluß des Düngerquantums auf die Erwärmung des Bodens bei verschiedener Temperatur und verschiedenem Wassergehalt desselben. Ferner war es von Interesse festzustellen, inwieweit die verschiedenen gebräuchlichen Düngerarten (vom Pferd, Rind, Schaf und Schwein) im frischen und verrotteten Zustand, sowie die Düngung mit grünen Pflanzen und mit Ernterückständen (Stroh) bei Beurtheilung einschlägiger Verhältnisse in Betracht kämen;

---

[1]) *A. Stellwaag*, Untersuchungen über die Temperaturerhöhung verschiedener Bodenconstituenten und Bodenarten bei Condensation von flüssigem und dampfförmigem Wasser, sowie von Gasen. Diese Zeitschrift Bd. V. 3. 4.

[2]) *Peters*, landw. Vers.-Stationen Bd. IV. S. 117.



auch die Dauer und Größe der Temperatursteigerungen sollten, um keines der wesentlichen hier in Betracht kommenden Momente außer Acht zu lassen, durch experimentelle Forschungen eruirt werden, während zum Schluß besondere eigens hiezu angestellte Versuche darüber Aufschluß zu ertheilen hatten, inwiefern die Tiefe der Unterbringung und die Vertheilung der Düngerstoffe im Ackerlande, sowie die Stallmistdüngung bei verschiedener physikalischer Beschaffenheit des Bodens von Einfluß auf die thermischen Verhältnisse des Ackerlandes wären.

Nach den bis jetzt bekannten Thatsachen konnte man sich unmöglich ein sicheres Urtheil über die Berechtigung der einen oder anderen Anschauung erlauben, welche bezüglich der Ursachen der nach Einverleibung von organischen Stoffen in den Boden eingetretenen Temperatursteigerung bestanden; während die Einen annahmen, daß durch die Einführung von organischen Düngemitteln in den Boden sein Verhalten zu der einwirkenden Sonnenwärme in günstiger Weise abgeändert würde, indem die verwesenden Bestandtheile des Düngers nach kurzer Zeit eine dunklere Farbe dem Boden ertheilten und dadurch dessen Absorptionsvermögen für die Sonnenstrahlen erhöhten, glaubten die Anderen triftige Gründe für den Ausspruch vorbringen zu können, daß besagte Temperaturerhöhung im Boden allein der bei der Zersetzung der organischen Substanzen neugebildeten Wärme zugeschrieben werden müsse.

In Anbetracht dieser divergirenden Anschauungen stellte sich Referent zunächst die Aufgabe, zu eruiren, ob bei der voraussichtlichen Beeinflussung des Bodens durch die Düngung die thermischen Verhältnisse der Ackererde in der einen oder anderen Weise abgeändert würden. A priori mußte man annehmen, daß, wenn sich direkt nach der Zufuhr von organischer Materie eine Temperatursteigerung im Boden bemerkbar machte, dies nur auf einer Wärmeentwickelung bei dem Zerfall der organischen Stoffe selbst beruhen könne, da ja von einer Humusbildung und demnach von einer Farbenveränderung des Bodens vorläufig nicht die Rede sein könne. Um nun bei Feststellung fraglichen Punktes sich ganz sichere Aufschlüsse zu verschaffen, ging Berichterstatter von der Idee aus, daß die Zersetzung und damit die bei derselben freiwerdende Wärmemenge von äußeren Faktoren abhängig sei, zu denen hauptsächlich die Temperatur des Mediums und der Wassergehalt desselben zu rechnen

seien und daß daher in dem Falle, wo die Düngerstoffe die an zweiter Stelle bezeichnete Wirkung auf die Bodentemperatur ausüben sollten, der Temperaturüberschuß sich um so günstiger gestalten würde, je mehr der Zerfall durch äußere Einflüsse beschleunigt würde und umgekehrt. Es wurden deshalb zuerst zwei Reihen von Versuchen in Gang gesetzt, von denen die eine nähere Daten über den Einfluß verschiedener äußerer Temperaturen bei verschiedener Quantität organischer Substanzen ertheilen sollte, während die andere dazu bestimmt war, einen näheren Einblick in die Wirkungsweise verschiedener Mengen Wassers, bei thunlichster Beschränkung der Verdunstung, zu gewähren.

Versuchsreihe I.

Einfluß des Düngerquantums bei verschiedener Temperatur des Bodens auf dessen Wärmeverhältnisse.

Versuch 1.

Bei Ausführung dieses Versuches kamen drei aus Holz construirte Kästen in Verwendung, deren Böden vielfach durchbohrt waren und deren Oberfläche $^1/_{16}$ □m (= 625 □cm) betrug. Dieselben wurden 5 cm hoch mit humusfreiem, 4,50 Gew. % Wasser haltenden, Quarzsand gefüllt, darauf lagerte eine Sandschichte von 10 cm Höhe, die in 4 Zwischenlagen je 40, resp. 80 und 120 gr[1]) lufttrockenen Pferdedünger (mit 12,20 % Wasser) enthielt. Darauf wurde wieder, bis zur Oberfläche des Kastens, eine 5 cm hohe Sandlage geschichtet. Der Sand wurde in sämmtliche Kästen möglichst gleichmäßig eingedrückt. Ein vierter Kasten erhielt nur eine Füllung mit Sand von obigem Wassergehalt.

Jeder Apparat wurde, um die Wasserverdunstung aus dem Boden möglichst abzuschwächen, mit einem in der Mitte durchlöcherten Pappendeckel durch Aufnageln auf den Rand des Kastens verschlossen, in dessen Oeffnung ein in Zehntel Grade getheiltes Thermometer auf 10 cm Tiefe eingeführt wurde.

Zuerst waren die auf eben beschriebene Weise zusammengestellten Kästen einer möglichst niedrigen, gleichmäßigen Kellertemperatur längere Zeit ausgesetzt worden. Darauf erfolgte die Transferirung derselben in ein mäßig warmes Zimmer. Die Temperaturbeobachtungen wurden täglich Morgens um 8 Uhr und Abends um 6 Uhr vorgenommen.

---

[1]) Auf frischen Dünger, zu 70 % Wasser, berechnet ergiebt sich per ha ein Quantum von 394,4 resp. 788,8 und 1183,2 Ctr.



Dieselben sind, zu viertägigen Mitteln vereinigt, in nachstehender Tabelle niedergelegt. Gleichzeitig schließt sich hieran zur rascheren Orientirung über die im Sand durch den Dünger hervorgerufene Temperatursteigerung im Vergleich zum ungedüngten Boden eine Zusammenstellung der sich aus den berechneten Mitteln ergebenden Temperaturdifferenzen:

Angestellt den 26. Jan. 1882. Mittel: Differenzen [1]):

		Februar			Mittel		Februar			Mittel
		3.–6.	7.–10.	11.–14.	7.–14.		3.–6.	7.–10.	11.–14.	7.–14.
Sand ohne Dünger	Wassergeh. 4,5%	4,27	13,92	12,75	13,34	Mittel der Temperaturzunahme bei	0,00	0,00	0,00	0,00
» mit 40 gr »		4,27	14,17	13,15	13,66		0,00	0,25	0,40	0,32
» » 80 » »		4,25	14,17	13,17	13,67		-0,02 [1])	0,25	0,42	0,33
» » 120 » »		4,27	14,07	13,07	13,57		0,00	0,15	0,32	0,23
		Kellertemperatur.	Niedrige Zimmertemperatur.			Kellertemperatur:	-0,01	bei niedriger Zimmertemperatur:		0,29.

Aus vorstehenden Zahlen geht ohne Weiteres hervor, daß die 4—5° über Null betragende Kellertemperatur nicht im Stande war eine Temperaturerhöhung im gedüngten Boden hervorzurufen. Der Versuch wurde bereits am 26. Januar angestellt, derselbe zeigte bis zum Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen (3. Febr.) keine Temperatursteigerung. Gleiches ist von den zwischen 3. und 6. Februar erfolgten Beobachtungen zu berichten. Erst als der Boden der Einwirkung einer 12—20° C. betragenden Zimmertemperatur überlassen wurde, konnte im Mittel eine Wärmezunahme von 0,29 im Vergleich zum ungedüngten Sand constatirt werden. — Kein gleichbefriedigendes Resultat lieferten die Untersuchungen über den Einfluß des Düngerquantums auf die Wärmeverhältnisse des Bodens. A priori mußte man annehmen, daß mit dem größeren Düngerquantum auch eine entsprechend größere Temperatursteigerung verbunden sein würde. Diese Voraussetzung traf aber aus dem Grunde nicht zu, weil wahrscheinlich der Wassergehalt des Sandes nicht ausreichte, um die Wirkung der Maximaldüngung auf die Bodentemperatur zur Geltung kommen zu lassen. Wegen dieses ungenügenden Resultates wurde ein

[1]) Alle angegebenen Differenzzahlen sind, je nachdem sie eine Temperatur-Erhöhung resp. -Erniedrigung gegenüber dem ungedüngten Boden angeben, ohne bezw. mit dem Vorzeichen — versehen.

2. Versuch

fast ganz gleicher Art wie der erste ausgeführt, nur mit dem Unterschiede, daß hier frischer Pferdedünger (statt des getrockneten) verwendet und daß dieser nicht in 4 Lagen, sondern in 1 Schicht 15 cm tief in den Sand (4,74 % Wasser) eingelegt wurde. Das Düngerquantum wurde auf 93,8 resp. 187,5 und 281,2 gr[1]) festgesetzt. Die Thermometer waren auf 10 cm Tiefe in den Boden eingeführt worden.

Die Kästen standen zuerst unter dem Einfluß der niedrigen Kellertemperatur, hierauf wurden sie in ein mäßig temperirtes Zimmer gebracht und schließlich in ein Gelaß, dessen Temperatur auf eine bedeutende Höhe getrieben worden war. Vor der Verbringung in das überheizte Zimmer wurden alle Böden gleichmäßig angefeuchtet, um das durch Verdunstung verloren gegangene Wasser wieder zu ersetzen.

Folgende Zusammenstellungen veranschaulichen die gewonnenen Resultate:

Angestellt den 16. Februar 1882. Mittel:

		Februar		Mittel	Febr.	März	Mittel	März		Mittel
		17.-19.	20.-23.	17.-23.	24.-26.	27.-2.	24.-2.	4.-6.	7.-10.	4.-10.
Sand ohne Dünger	Wassergeh. 4,74%	5,40	5,40	5,40	15,27	16,75	16,26	22,63	26,31	25,08
» mit 93,8 gr »		5,40	5,40	5,40	15,50	17,04	16,52	23,28	27,06	25,80
» » 187,5 » »		5,40	5,40	5,40	15,45	17,05	16,52	23,15	26,96	25,69
» » 281,2 » »		5,40	5,40	5,40	15,52	17,05	16,54	23,46	27,42	26,11
		Kellertemperatur.			Niedrige Zimmertemperatur.			Hohe Zimmertemperatur.		

Differenzen:

Sand ohne Dünger	Wassergeh. 4,74%	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	
» mit 93,8 gr »		0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,29	0,26	0,02	0,65	0,75	0,72	0,81
» » 187,5 gr »		0,00	0,00	0,00		0,18	0,30	0,26		0,52	0,65	0,61	
» » 281,2 gr »		0,00	0,00	0,00		0,25	0,30	0,28		0,83	1,11	1,03	
Mittel der Temperaturzunahme:				**0,00**				**0,27**				**0,79**	

Sehr deutlich kommt hier in den Mitteln der Differenzen die Wirksamkeit der verschieden hohen Temperaturen zum Ausdruk. Die Kellertemperatur (zwischen + 5—6° schwankend) bewirkte keine Temperatursteigerung (0,00), die mittlere Zimmertemperatur (10—23°) dagegen eine solche von **0,27** und schließlich die hohe (20—35°) eine solche von **0,79**° im Mittel.

[1]) Auf das ha berechnet = 300 resp. 600 u. 900 Ctr.

Bezüglich des Einflusses des Düngerquantums läßt sich nach vorliegenden Zahlen, wenigstens im Allgemeinen, der Satz aufstellen, daß mit der Zunahme des dem Boden einverleibten Düngerquantums eine entsprechende Temperatursteigerung verbunden ist und zwar eine um so belangreichere, je höher die einwirkende Außentemperatur sich gestaltet. Es ergiebt sich nämlich zu Gunsten des stärker gedüngten Bodens, wenn man die im Mittel berechneten Differenzzahlen miteinander in Vergleich zieht, eine Temperaturzunahme wie folgt:

Bei	Kellertemperatur . . .	(5— 6°)	= 0,00
»	mäßiger Zimmertemperatur	(10—23°)	= 0,02
»	hoher »	(20—35°)	= 0,31.

Ueberblicken wir die in dieser Versuchsreihe gewonnenen Resultate, so müssen wir constatiren, daß die Voraussetzungen, von denen ausgegangen wurde, zum großen Theil durch vorliegende Experimente sich bestätigten. Es ist dadurch der Beweis geliefert, daß in der That bei der Zuführung von Düngemitteln organischen Ursprungs die bei der Zersetzung derselben frei werdende Wärmemenge eine Temperatursteigerung des Bodens herbeizuführen im Stande ist, die in denselben Verhältnissen wächst, als die Faktoren der Zersetzung sich günstiger gestalten.

Versuchsreihe II.

Einfluß des Düngerquantums bei verschiedener Temperatur und verschiedenem Wassergehalt des Bodens auf dessen Temperaturverhältnisse.

Da der Grad der Zersetzung von organischen Stoffen resp. die Größe der hiedurch bedingten Wärmeentbindung nicht allein abhängig ist von deren Menge, von einer bestimmten Temperatur [1]), sondern auch insbesondere, abgesehen von allen übrigen Umständen, von einem gewissen, unbedingt nothwendigen Wasserquantum [1]), so ist klar, daß dieses je nach seiner wechselnden Menge einen mehr oder minder weitgehenden Einfluß auf die Wärmeproduction im Boden ausüben muß. Die im Weiteren darzulegenden Versuche (Versuchsreihe II, Versuch 1 und 2) sollen nähere diesbezügliche Aufschlüsse ertheilen. Dieselben wurden gleichzeitig mit

[1]) Vergl. *E. Wollny*, Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure. Diese Forschungen Bd. IV. 1 u. 2. S. 14.



den sub Versuchsreihe I, Versuch 1 und 2 beschriebenen bei den nämlichen äußeren Temperaturverhältnissen und mit Beibehaltung der gleichen Versuchsanordnung in Gang gesetzt.

Versuch 1.

Bei diesem Versuch wurden sechs Holzkästen von den oben angegebenen Dimensionen mit Sand von verschiedenem Wassergehalt (0,85, 3,60 und 7,64 %) gefüllt. Je einer von den drei Paaren erhielt 100 gr[1]) getrockneten Pferdedünger (12,20 % Wasser) in der nämlichen Weise eingelegt, wie es bei Vers.-Reihe I, Versuch 1 beschrieben ist.

Die Zusammenfassung der täglich Morgens und Abends in einer Tiefe von 10 cm vorgenommenen Temperaturbeobachtungen lieferte folgende aus diesen Tabellen leicht abzuleitende Resultate:

Angestellt den 26. Jan. 1882. Mittel: Differenzen:

	Wasser	Februar			Mittel		Februar			Mittel
		3.–6.	7.–10.	11.–14.	7.–14.		3.–6.	7.–10.	11.–14.	7.–14.
Sand ohne Dünger	0,85 %	4,62	16,92	15,65	16,29		0,00	0,00	0,00	0,00
» mit 100 gr »	0,85 %	4,62	16,95	15,87	16,41		0,00	0,03	0,22	**0,12**
» ohne »	3,60 % Wasser.	4,62	16,85	16,00	16,42		0,00	0,00	0,00	0,00
» mit 100 gr »	3,60 % Wasser.	4,55	17,05	16,27	16,66		–0,07	0,20	0,27	**0,24**
» ohne »	7,64 %	4,62	16,85	15,92	16,39		0,00	0,00	0,00	0,00
» mit 100 gr »	7,64 %	4,62	17,07	16,25	16,66		0,00	0,22	0,33	**0,27**
		Keller-temperatur.	Niedrige Zimmer-temperatur.			Mittel der Temperaturzunahme:	–0,02			**0,21.**

Da die beim folgenden Versuch angestellten Experimente nur eine Wiederholung derjenigen des vorhergehenden Versuchs bezweckten, so sollen der Hiehergehörigkeit halber gleich hier die bei

Versuch 2

gewonnenen Zahlen Platz finden. Dieser Versuch war analog dem Versuch 2, Versuchsreihe I vorbereitet. Der Wassergehalt des Bodens betrug 0,99, 4,74 resp. 9,63 Gewichtsprocente. Die diesmal in **einer** Schichte dem Boden 15 cm tief einverleibte Gewichtsmenge von **frischem** Pferdedünger betrug 281,2 gr[2]).

[1]) Auf frischen Dünger zu 70 % Wasser berechnet ergiebt p. ha 986,0 Ctr.
[2]) p. ha 900 Ctr.



Angestellt den 16. Februar 1882. **Mittel:**

	Wasser	Februar 17.-19.	Februar 20.-23.	Mittel 17.-23.	Febr. 24.-26.	Febr. März 27.-2.	Mittel 24.-2.	März 4.-6.	März 7.-10.	Mittel 4.-10.
Sand ohne Dünger	0,99%	5,63	5,55	5,59	17,72	19,17	18,69	23,13	26,97	25,69
» mit 281,2 gr »	0,99%	5,97	5,80	5,87	17,92	19,50	18,97	23,63	27,67	26,32
» ohne »	4,74%	5,70	5,60	5,64	17,37	18,75	18,31	23,43	27,27	25,99
» mit 281,2 gr »	4,74%	5,73	5,60	5,66	17,45	18,86	18,39	23,73	27,46	26,21
» ohne »	9,63%	5,73	5,60	5,66	17,07	18,45	17,99	23,15	26,82	25,59
» mit 281,2 gr »	9,63%	5,67	5,60	5,63	17,37	18,71	18,27	23,03	26,74	25,51
		Kellertemperatur.			Niedrige Zimmertemperatur.			Hohe Zimmertemperatur.		

Differenzen:

	Wasser	Februar 17.-19.	Februar 20.-23.	Mittel 17.-23.	Febr. 24.-26.	Febr. März 27.-2.	Mittel 24.-2.	März 4.-6.	März 7.-10.	Mittel 4.-10.
Sand ohne Dünger	0,99%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
» mit 281,2 gr »	0,99%	0,34	0,25	**0,28**	0,20	0,33	**0,28**	0,50	0,70	**0,63**
» ohne »	4,74%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
» mit 281,2 gr »	4,74%	0,03	0,00	**0,02**	0,00	0,11	**0,08**	0,30	0,19	**0,22**
» ohne »	9,63%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
» mit 281,2 gr »	9,63%	-0,06	0,00	**-0,03**	0,20	0,26	**0,28**	-0,12	-0,08	**-0,08**
Mittel der Temperaturzunahme:				**0,09**			**0,21**			**0,26.**

Wie Versuch 1 und 2, Versuchsreihe I, so ergeben auch die Versuche dieser Reihe, daß der Einfluß der organischen Stoffe auf die Wärmeproduction im Boden um so belangreicher sein wird, je höher dessen Temperatur steigt. Sie beträgt:

	bei 4—5 resp. 5—6°	12—20 resp. 10—23°	bei 20—35°
Versuch 1	— 0,02	0,21	—
» 2	0,09	0,21	0,26

Bezüglich des Einflusses des Wassergehaltes des Bodens auf die Zersetzung der organischen Materie und der hiedurch bewirkten Temperatursteigerung läßt sich aus den Differenzzahlen des Versuches 1 ableiten, daß innerhalb gewisser Grenzen die Temperatursteigerung im gedüngten Boden um so ausgiebiger erfolgt, je höher dessen Wassergehalt steigt. Gleiche Düngerquantitäten brachten nämlich, bei entsprechend hoher Temperatur im Mittel

bei einem Wassergehalt von 0,85 % eine Temperaturerhöhung von 0,12° C.
» » » » 3,60 » » » » 0,24 »
» » » » 7,64 » » » » 0,27 ».

hervor.

Bei näherer Betrachtung der bei Versuch 2 gewonnenen Zahlen fällt uns, wenn wir sie mit denen von Versuch 1 vergleichen, alsbald in die Augen, daß hier fast durchweg die geringste Wassermenge des Sandes die bedeutendste, und der größte Wassergehalt die geringste Temperatursteigerung zur Folge hatte. Dies ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung:

	Temperaturzunahme bei		
	Kellertemperatur	mäßiger Zimmertemp.	hoher Zimmertemp.
0,99 % Wasser	0,28	0,23	0,63
4,74 % »	0,02	0,08	0,22
9,63 % »	-0,03	0,28 [1])	-0,08

Diese scheinbar auffällige Thatsache findet einfach darin ihre Erklärung, daß bei Versuch 2 die durch die Zersetzung des Düngers gebildete Wärme nicht zum Ausdruck gelangen konnte, da bei dem höheren Wassergehalt die Verdunstung desselben aus dem Boden bedeutend zunahm und die hiedurch entstandene Verdunstungskälte nothwendiger Weise die Temperaturen gerade hier herabdrücken mußte. Einen Beleg für diese Erklärung geben uns nachstehend berechnete Temperaturmittel der ungedüngten Böden:

	Mitteltemperatur des **ungedüngten** Bodens bei		
	Kellertemperatur	mäßiger Zimmertemp.	hoher Zimmertemp.
bei 0,99 % Wasser	5,59	18,69	25,69
» 4,74 % »	5,64	18,31	25,99
» 9,63 % »	5,66	17,99	25,59

In Folge der niedrigen im Keller herrschenden Temperatur fand aus den dort zuerst befindlichen Kästen keine erhebliche Wasserverdunstung statt.

Man ist demnach genöthigt obige geringe Temperaturzunahmen dem allzuhohen Wassergehalt und der dadurch bedingten schlechten Durchlüftung des Bodens zuzuschreiben.

[1]) Leider konnte nicht eruirt werden, welchen etwa hier in Betracht kommenden Versuchsfehlern diese nicht in die absteigende Reihe passende Zahl zuzuschreiben wäre. —



Versuchsreihe III.

Einfluß des Düngerquantums und verschiedener Düngerarten auf die Bodentemperatur.

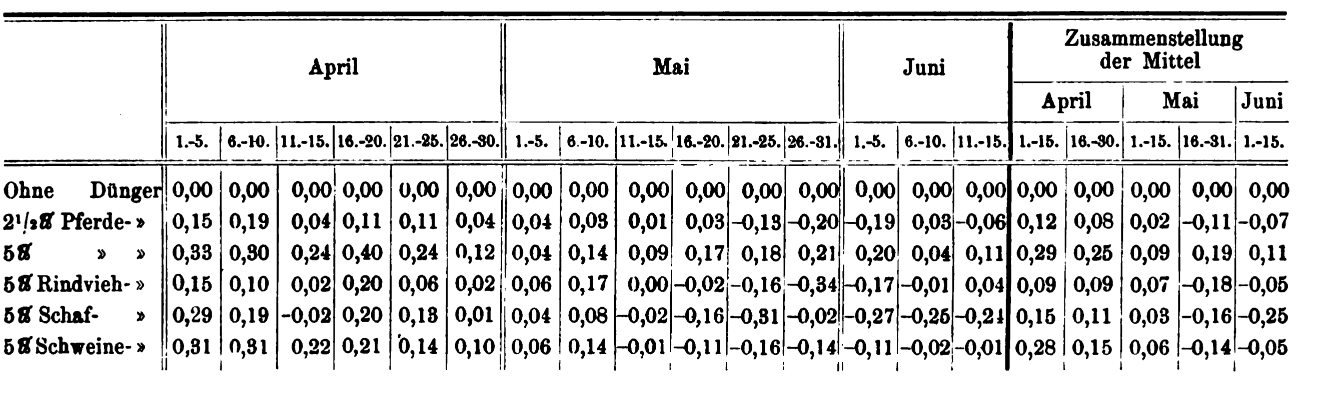
Nachdem durch die vorhergehenden Versuche festgestellt worden war, daß wirklich der Dünger bei seiner Zersetzung eine Wärmemenge liefert, die ausreichend ist, um eine Temperaturerhöhung des Bodens herbeizuführen, war es auch nothwendig sich darüber Aufschluß zu verschaffen, ob nun auch solche Einwirkungen in der freien Natur constatirt werden könnten. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Quantitäten und verschiedene gebräuchliche Düngerarten, nämlich frischer Pferde-, Rindvieh-, Schaf- und Schweinedünger[1]) in Anwendung gebracht. Die Ausführung dieser Versuche fand im Freien, auf dem Versuchsfeld der technischen Hochschule, statt. Hölzerne, unten offene, auf durchlassendem Kies ruhende Kästen mit einer Oberfläche von je 0,49 □m (= 4900 □cm) und einer Tiefe von 25 cm wurden in die Erde so vergraben, daß ihr Rand mit der Oberfläche der Erde eine Ebene bildete. Um dem in der landwirthschaftlichen Praxis üblichen Verfahren, nach welchem der Dünger oben auf das Feld gebreitet und dann mit Hülfe des Pfluges in einer Schicht in die Erde eingelegt wird, möglichst nahe zu kommen, wurden die Düngerstoffe in einer Lage 10 cm tief in Quantitäten von $2^1/_2$ resp. 5 Pfund[2]) in den Boden gebracht; ebensotief waren die Thermometer eingesetzt worden. Die Füllmasse bestand aus gesiebtem und gut durchmischten humosen Kalksandboden, in welchem nur wenige Steinchen von etwa Erbsengröße vorhanden waren. Der Boden war in sämmtlichen Kästen mäßig eingedrückt worden.

Es folgen hier die aus den Temperaturbeobachtungen berechneten 5tägigen Mittel, sowie die sich hieraus ergebenden Differenzen. Das Ablesen der Thermometer geschah stets früh 7 Uhr und Abends 5 Uhr. Sämmtliche Thermometer wurden vor dem Einsetzen in den Boden, ebenso wie bei den früheren Versuchen, auf ihre correcte Functionsfähigkeit geprüft.

---

[1]) Unter Dünger ist ein inniges Gemenge des betreffenden Kothes mit Urin und Streustroh zu verstehen. Dieselben wurden bei möglichst gleichem Zersetzungsgrad verwendet.

[2]) p. ha 510 resp. 1020 Ctr.



Angestellt den 25. März 1882.

Mittel:

	April						Mai						Juni			Zusammenstellung der Mittel				
																April		Mai		Juni
	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	1.-15.	16.-30.	1.-15.	16.-31.	1.-15.
Ohne Dünger	10,83	8,05	7,15	10,04	11,96	9,10	13,61	13,59	13,74	11,63	17,22	21,16	18,42	16,22	12,70	8,68	10,37	13,65	16,95	15,78
2½ ℔ Pferde- »	10,98	8,24	7,19	10,15	12,07	9,14	13,65	13,62	13,75	11,66	17,09	20,96	18,23	16,25	12,64	8,80	10,45	13,67	16,84	15,71
5 ℔ » »	11,16	8,35	7,39	10,44	12,20	9,22	13,65	13,73	13,83	11,80	17,40	21,37	18,62	16,26	12,81	8,97	10,62	13,74	17,14	15,89
5 ℔ Rindvieh- »	10,98	8,15	7,17	10,24	12,02	9,12	13,67	13,76	13,74	11,61	17,06	20,82	18,25	16,21	12,74	8,77	10,46	13,72	16,77	15,73
5 ℔ Schaf- »	11,12	8,24	7,13	10,24	12,09	9,11	13,65	13,67	13,72	11,47	16,91	21,14	18,15	15,97	12,46	8,83	10,48	13,68	16,79	15,53
5 ℔ Schweine- »	11,14	8,86	7,37	10,25	12,10	9,20	13,67	13,73	13,73	11,52	17,06	21,02	18,31	16,20	12,69	8,96	10,52	13,71	16,81	15,73

Differenzen:

	April						Mai						Juni			Zusammenstellung der Mittel				
																April		Mai		Juni
	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	1.-15.	16.-30.	1.-15.	16.-31.	1.-15.
Ohne Dünger	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2½ ℔ Pferde- »	0,15	0,19	0,04	0,11	0,11	0,04	0,04	0,03	0,01	0,03	-0,13	-0,20	-0,19	0,03	-0,06	0,12	0,08	0,02	-0,11	-0,07
5 ℔ » »	0,33	0,30	0,24	0,40	0,24	0,12	0,04	0,14	0,09	0,17	0,18	0,21	0,20	0,04	0,11	0,29	0,25	0,09	0,19	0,11
5 ℔ Rindvieh- »	0,15	0,10	0,02	0,20	0,06	0,02	0,06	0,17	0,00	-0,02	-0,16	-0,34	-0,17	-0,01	0,04	0,09	0,09	0,07	-0,18	-0,05
5 ℔ Schaf- »	0,29	0,19	-0,02	0,20	0,13	0,01	0,04	0,08	-0,02	-0,16	-0,31	-0,02	-0,27	-0,25	-0,24	0,15	0,11	0,03	-0,16	-0,25
5 ℔ Schweine- »	0,31	0,31	0,22	0,21	0,14	0,10	0,06	0,14	-0,01	-0,11	-0,16	-0,14	-0,11	-0,02	-0,01	0,28	0,15	0,06	-0,14	-0,05

Aus vorstehenden Zahlen ergiebt sich erstens, daß mit der Menge des zugeführten Düngers die Temperatur des Bodens eine Steigerung erleidet und zweitens, daß der Pferdedünger die größte, der Rindviehdünger die geringste, der Schweine- und Schafdünger eine zwischen beiden stehende Wirkung in bezeichneter Richtung unter sonst gleichen Verhältnissen ausgeübt hat. Bezüglich des ersteren Punktes sieht man ganz deutlich, daß die Temperaturerhöhung bei dem stark gedüngten Boden mehr als das Doppelte im Vergleich zu dem nur mit $2^1/_2$ Pfund versetzten Boden betrug (0,29°, 0,25°, 0,09° . . . gegen 0,12, 0,08, 0,02 . . .).

Die obige mehr oder weniger ausgiebige Wirkungsweise der Dünger auf die Temperatur des Bodens beruht auf den Verschiedenheiten in der chemischen und physikalischen Beschaffenheit derselben.

Hinsichtlich des wirksamsten, nämlich des Pferdedüngers, ist daran zu erinnern, daß ihm fast immer (im Vergleich zu den anderen angeführten Düngerarten) die bei einer raschen Zersetzung nothwendigen Bedingungen im ausgesprochensten Maße eigen sind. Er verbindet mit einem hohen Grade von Lockerheit und Durchlüftbarkeit einen die Zersetzung nicht nachtheilig beeinflussenden Wassergehalt; er ist gewöhnlich reich an organischer Substanz und an stickstoffhaltigen, die Zersetzung wesentlich begünstigenden, Verbindungen. Ganz anders verhält es sich mit dem Rindviehdünger. Er ist in der Regel stickstoffärmer als der Pferdedünger, wasserreicher und die einzelnen Koththeilchen sind von schleimigen und harzigen Substanzen umhüllt, und so sehr verkleinert, daß sie im Zusammenhalt mit den eben angeführten ungünstigen Eigenschaften nur schwer einem lebhaften Luftwechsel im Boden zugänglich sind.

An die sich beim Schaf- und Schweinedünger ergebenden Zahlen lassen sich keine weiteren Spekulationen anknüpfen. Auffällig ist, daß der Schweinedünger die Temperatur mehr steigerte als der sonst für relativ sehr wasserarm und stickstoffreich angesehene Schafdünger. Wahrscheinlich ist hier eine von der üblichen abweichende Ernährungsweise der Thiere zu berücksichtigen.

Aus den zu 14tägigen Mitteln zusammengezogenen Differenzzahlen läßt sich unzweifelhaft ersehen, daß die anfänglich auftretenden Temperaturerhöhungen des Bodens mit der Zeit einen mehr oder

minder regelmäßig verlaufenden Rückgang bis auf 0 erfahren, ja daß sogar die Temperaturen der gedüngten Böden unter diejenigen der ungedüngten herabsinken. Diese auf den ersten Blick einigermaßen auffällige Erscheinung dürfte darin ihre Erklärung finden, daß die physikalischen Eigenschaften der Böden durch die Düngung Veränderungen erfahren können, die eine der durch Zersetzung der organischen Materien verursachten Wärmeerhöhung gerade entgegengesetzte Wirkung bedingen, welch' letztere die Temperatursteigerung unter gewissen Umständen weiterhin aufheben oder sogar übertreffen kann.

Es konnte der besprochene Temperaturrückgang unmöglich einem Versuchsfehler zugeschrieben werden, da er sich allgemein und sehr regelmäßig von einer gewissen Zeit (15. Mai) ab einstellte. Daß die wärmeerhöhende Wirkung der dem Boden einverleibten 5 Pfund Pferdedünger länger (bis zum Ende der Versuchsdauer) anhielt und nicht gleichfalls schon von obigem Zeitpunkte ab erlosch, kann nicht als Gegenbeweis für die angezogenen Temperaturbeobachtungen gelten, da eben die Zersetzung des Pferdedüngers ihr vorläufiges Endstadium noch lange nicht erreicht hatte, als die mit den übrigen Düngerarten versetzten Böden bereits Temperaturen angenommen hatten, welche gleich oder unter der Temperatur des ungedüngten Bodens standen.

Durch schichtenweise (horizontale) Einlagerung von verschiedenen organischen Düngemitteln in den Boden wird bekanntlich mehr oder weniger, je nach deren Beschaffenheit, die wasserfassende Kraft desselben und somit dessen Wassergehalt erhöht, auch die Abwärtsbewegung des Wassers wird hiedurch verlangsamt und damit gleichzeitig in der bezeichneten Richtung auf den Boden eingewirkt. Dieser durch die beiden erwähnten Momente bedingte höhere Wassergehalt des gedüngten Bodens gegenüber dem ungedüngten veranlaßt, ceteris paribus, eine etwas größere Wasserverdunstung und hiedurch eine etwas gesteigerte Wärmeentnahme. Wie sehr der Wassergehalt des Bodens dessen mehr oder minder starke Erwärmung zu beeinflussen vermag, ist recht deutlich aus der unter Versuchsreihe II, Versuch 2 aufgeführten Tabelle zu ersehen. Dort hatte gerade der größte Wassergehalt die geringste Temperatursteigerung im Boden zur Folge (und umgekehrt).

Eine ganz regelmäßig verlaufende mit dem weiteren Fortgang stattfindende Abnahme der durch die Düngung hervorgerufenen Temperatur-



erhöhung darf man, wie leicht erklärlich ist, nicht erwarten, denn wir haben es hier mit Felddüngungsversuchen zu thun, die ganz und gar den wechselvollen Einflüssen von Witterung und Klima ausgesetzt waren und keine Wärme- und Feuchtigkeitsregulirungen zuließen.

Versuchsreihe IV.

Einfluß der Düngung mit Stallmist auf die Temperatur des Bodens bei verschiedenen physikalischen Eigenschaften desselben.

In Anbetracht der bei den verschiedenen Bodenarten in sehr wechselndem Grade ausgeprägten physikalischen Eigenschaften mußte man den Schluß ziehen, daß diese auf die mehr oder weniger rasche Zersetzung des Düngers einen sehr verschiedenen Einfluß ausüben würden. Je feuchter und poröser also ein Boden unter sonst gleichen Umständen sein würde und je mehr er befähigt wäre, die ihm von Außen zukommende Wärme aufzuspeichern, desto größer müsse — so schloß man — bei gleicher Düngerquantität die durch die Zersetzung der organischen Stoffe entwickelte Wärme sein und umgekehrt. Um diese Verhältnisse einer eingehenden Würdigung unterziehen zu können, führte Referent nachstehende Versuche aus. Bei denselben kam gut krümelnder, dunkelgelber Ziegellehm, außerdem sehr feinkörniger weißgrauer Isarkalksand und drittens ein mittelfeiner heller Quarzsand in Verwendung. Während sich aus dem Lehm ein sehr gut durchlüfteter, lockerer Boden in Folge seiner günstigen Krümelung herstellen ließ, legten sich die einzelnen, sehr feinen Kalksandtheilchen sehr nahe aneinander und machten hiedurch jede ausgiebige Luftcirculation in diesem Boden zur Unmöglichkeit. Der Quarzsandboden besaß in Folge seines gröberen Kornes eine mehr entsprechende Durchlüftbarkeit. Bezüglich der wasserfassenden Kraft stand der Lehm obenan, der Quarzsand hingegen an letzter Stelle.

Um die Versuche in Gang zu setzen waren sechs Holzkästen von je 0,09 □m (= 900 □cm) Oberfläche und 25 cm Tiefe in Benutzung genommen worden, welche paarweise mit den betreffenden Böden in der früher beschriebenen Weise gefüllt wurden. Drei davon erhielten in einer Tiefe von 10 cm eine Lage von 400 gr[1]) frischen Pferdedünger. In gleicher Tiefe befanden sich die in den Boden eingesenkten Thermometer.

Die aus den beobachteten Temperaturen berechneten 5tägigen Mittel sowie die sich hieraus ergebenden Differenzen sind in folgenden Tabellen niedergelegt:

[1]) p. ha 889 Ctr.

Angestellt den 24. Mai 1882. **Mittel:**

	Mai	Juni						Juli						Zusammenstellung der Mittel			
														Mai Juni	Juni	Juni Juli	Juli
	27.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	27.-10.	11.-25.	26.-10.	11.-31.
Quarzsand m. 400 gr Pferdedünger	22,07	18,33	16,05	12,56	15,11	20,14	19,87	18,23	19,89	18,08	21,74	21,33	14,65	18,82	15,94	19,33	18,75
Quarzsand, rein	21,40	18,18	16,08	12,71	15,07	19,95	19,67	18,15	19,76	18,00	21,77	21,36	14,62	18,55	15,91	19,19	18,73
Lehm mit 400 gr Pferdedünger	23,20	18,07	15,67	12,11	14,75	19,50	19,59	17,76	19,21	17,34	20,88	21,12	14,61	18,98	15,45	18,85	18,30
Lehm, rein	22,46	18,01	15,46	12,03	14,42	19,15	19,28	17,76	19,16	17,25	20,85	21,04	14,51	18,64	15,20	18,73	18,23
Kalksand mit 400 gr Pferdedünger	22,48	17,84	15,44	11,95	14,10	18,82	19,24	17,63	18,81	16,92	20,29	20,63	14,37	18,59	14,93	18,56	17,88
Kalksand, rein	21,96	17,91	15,53	12,00	13,89	18,57	19,03	17,69	19,05	17,01	20,38	20,79	14,35	18,47	14,82	18,59	17,95

Differenzen:

	Mai	Juni						Juli						Zusammenstellung der Differenzen			
														Mai Juni	Juni	Juni Juli	Juli
	27.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	27.-10.	11.-25.	26.-10.	11.-31.
Quarzsand m. 400 gr Pferdedünger	0,67	0,15	-0,03	-0,15	0,04	0,19	0,20	0,08	0,13	0,08	-0,03	-0,03	0,03	0,27	0,03	0,14	0,02
Quarzsand, rein	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lehm mit 400 gr Pferdedünger	0,74	0,06	0,21	0,08	0,33	0,35	0,31	0,00	0,05	0,09	0,03	0,08	0,10	0,34	0,25	0,12	0,07
Lehm, rein	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kalksand mit 400 gr Pferdedünger	0,52	-0,07	-0,09	-0,05	0,21	0,25	0,21	-0,06	-0,24	-0,09	-0,09	-0,16	0,02	0,12	0,11	-0,03	-0,07
Kalksand, rein	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ohne Zweifel ist man a priori zu dem Schlusse berechtigt, daß der im Totalmittel als der wärmste[1]) erkannte ungedüngte Quarzsandboden im Zusammenhalt mit seiner sehr günstigen Durchlüftung und in Anbetracht der ihm während der Versuchsperiode in genügendem Maße zugeflossenen atmosphärischen Niederschläge[2]), auch die größte Temperatursteigerung durch die Düngung erfahren würde. Wie obenstehende Zahlen darthun, hatte aber der Lehmboden die durchschnittlich größte Temperaturerhöhung (= 0,19), in der Mitte stand der Quarzsand (0,11), die geringste zeigte der Kalksandboden (0,03).

Nicht unwahrscheinlich dürfte es sein, daß diese Resultate den Verschiedenheiten in der Porosität der Böden zuzuschreiben sind. Es würde diese Annahme vollkommen mit den oben angegebenen Verhältnissen bezüglich der Durchlüftbarkeit der Böden stimmen.

Bei näherem Studium der obigen Tabellen kann es nicht leicht entgehen, daß ein stetes Schwanken in der Temperaturzunahme resp. im Temperaturverlauf der gedüngten sowohl wie der ungedüngten Bodenarten stattfand und daß dasselbe eben nur der combinirten Einwirkung von einer Reihe hier mit ins Spiel kommender, bezüglich ihrer Wirkungsweise schwer von einander zu trennender, Faktoren zuzuschreiben ist.

Versuchsreihe V.

Einfluß von Ernterückständen und der Dünger-Vertheilung auf die Bodentemperatur.

Bei Ausführung dieser Versuche wurden sieben Kästen nach demselben bei den früheren Versuchen üblichen Verfahren mit dem schon unter Versuchsreihe III genannten humosen Kalksandboden beschickt. Der erste Kasten blieb des Vergleichs halber ungedüngt. Zwei wurden mit je 400gr[3])

---

[1]) Der ungedüngte Quarzsand hatte im Mittel während der ganzen Versuchsdauer eine Temperatur von 18,09, Lehm von 17,70 und Kalksand von 17,46°.

[2]) Auf dem Versuchsfeld der technischen Hochschule fielen nämlich auf eine 1000 □cm große, runde Fläche folgende Regenmengen in Millimetern ausgedrückt:

Mai	Juni						Juli						
27.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.
17,80	47,18	20,90	9,04	12,64	8,40	11,20	38,13	28,10	9,74	23,30	12,58	55,08

[3]) = 889 Ctr p. ha.

Rindviehdünger, zwei mit je 400 gr frischem Pferdedünger und die letzten zwei mit je 165 gr Ackerbohnen- resp. Roggen-Stroh[1]) versetzt. Das Gewicht der Trockensubstanz (= 140,25 gr) der 10 cm tief eingelegten Stroharten entsprach ungefähr demjenigen des 10 cm beziehungsweise in 3 gleichen Portionen in einem andern Kasten 5,10 u. 15 cm tief untergebrachten Pferdedüngers. Analog der verschiedenartigen Einlage des letzteren sollte auch diejenige vom frischen Rindviehdünger erfolgen. Leider machte der aus unbekannten Gründen annormal verlaufende Temperaturgang des in 10 cm Tiefe mit Rindviehdünger versetzten Bodens einen Vergleich mit der Wirkungsweise des in 3 Schichten untergebrachten frischen Rindviehdüngers zur Unmöglichkeit. Aus diesem Grunde verliert natürlich auch der Versuch, der mit dem 10 cm tief eingelegten verrotteten Rindviehdünger angestellt wurde bei Ermangelung eines Vergleichsobjektes fast ganz seine ihm ursprünglich beigelegte Bedeutung.

Alles Nähere ist den auf Seite 391 vorgeführten Zusammenstellungen zu entnehmen.

Wie aus denselben hervorgeht, bewirkte die in eine (10 cm tiefe) Lage des Bodens erfolgte Einbringung des Düngers gegenüber derjenigen, die in verschiedenen Schichten (5, 10, 15 cm) erfolgte, einen ganz minimalen Unterschied (0,437 gegen 0,445° im Mittel). Bezüglich der mit frischem und verrotteten Rindviehdünger angestellten Versuche läßt sich aus oben entwickelten Gründen nur constatiren, daß, wie schon aus Versuchsreihe III hervorging, die hier zum Ausdruck gelangte Temperatursteigerung weit hinter der des Pferdedüngers zurückblieb. Daß die beiden Stroharten und insbesondere das Bohnenstroh eine so merkliche Temperaturerhöhung veranlaßten, ist auffällig und dies um so mehr, als jede sog. Fermentirung, wie sie bei der dem Koth beigemengten Streu gewöhnlich stattfindet, ausgeschlossen war. Der temperatursteigernde Einfluß des Bohnenstrohs übertraf in der ersten größeren Hälfte der Versuchsperiode (vom 27. Mai bis 11. Juli) sogar noch diejenige des Pferdedüngers (0,472 gegen 0,445°). Vergegenwärtigen wir uns aber, daß der bei der Zersetzung von organischen Substanzen entstehende Wärmeeffekt nicht allein bedingt wird von den die Schnelligkeit der Zersetzung begünstigenden äußeren Umständen (Temperatur, Wasser-

[1]) 4—5 cm lang geschnitten.



Angestellt den 24. Mai 1882.

Mittel:

	Tiefe der Unterbringung d. Düngers	Mai	Juni						Juli						Zusammenstellung der Mittel			
															Mai-Juni	Juni	Juni-Juli	Juli
		27.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	27.-10.	11.-25.	26.-10.	11.-31.
Ohne Dünger	—	23,13	18,84	15,81	12,06	14,71	19,59	20,10	18,04	19,56	17,62	21,60	22,01	14,47	19,26	15,45	19,23	18,71
400 gr frischer Rindviehdünger	5,10,15 cm	23,42	18,89	15,86	12,12	14,94	19,72	20,29	18,11	19,57	17,64	21,60	22,02	14,48	19,39	15,59	19,32	18,72
400 gr verrotteter Rindviehdünger	10 „	23,39	18,91	15,94	12,25	15,02	19,77	20,27	18,17	19,60	17,58	21,79	22,16	14,54	19,41	15,68	19,35	18,80
400 gr frischer Pferdedünger	5,10,15 „	23,89	19,11	16,08	12,39	15,42	20,17	20,71	18,41	19,88	18,02	22,17	22,46	14,57	19,69	15,99	19,67	19,05
400 gr frischer Pferdedünger	10 „	23,95	19,12	16,11	12,37	15,53	20,19	20,61	18,34	19,91	17,92	22,12	22,53	14,52	19,70	16,03	19,62	19,05
165 gr Bohnenstroh	10 „	24,37	18,94	16,22	12,33	15,47	20,17	20,76	18,41	19,97	17,90	22,03	22,44	14,51	19,84	15,99	19,71	19,00
165 gr Roggenstroh	10 „	23,98	18,71	16,15	12,30	15,52	20,02	20,60	18,35	19,94	17,84	22,06	22,62	14,53	19,61	15,95	19,63	19,04

Differenzen:

	Tiefe der Unterbringung d. Düngers	Mai	Juni						Juli						Zusammenstellung der Differenzen				Total-Mittel
															Mai-Juni	Juni	Juni-Juli	Juli	
		27.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	27.-10.	11.-25.	26.-10.	11.-31.	27. Mai bis 31. Juli
Ohne Dünger	—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
400 gr frischer Rindviehdünger	5,10,15 cm	0,29	0,05	0,05	0,06	0,23	0,13	0,19	0,07	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,13	0,14	0,09	0,01	0,092
400 gr verotteter Rindviehdünger	10 »	0,26	0,07	0,13	0,19	0,31	0,18	0,17	0,13	0,04	−0,04	0,19	0,15	0,07	0,15	0,23	0,12	0,09	0,147
400 gr frischer Pferdedünger	5,10,15 »	0,76	0,27	0,27	0,33	0,71	0,58	0,61	0,37	0,32	0,40	0,57	0,45	0,10	0,43	0,54	0,44	0,37	0,445
400 gr frischer Pferdedünger	10 »	0,82	0,28	0,30	0,31	0,82	0,60	0,51	0,30	0,35	0,30	0,52	0,52	0,05	0,44	0,58	0,39	0,34	0,437
165 gr Bohnenstroh	10 »	1,24	0,10	0,41	0,27	0,76	0,58	0,66	0,37	0,41	0,28	0,43	0,43	0,04	0,58	0,54	0,48	0,29	0,472
165 gr Roggenstroh	10 »	0,85	−0,13	0,34	0,24	0,81	0,43	0,50	0,31	0,38	0,22	0,46	0,61	0,06	0,35	0,50	0,40	0,33	0,395

gehalt des Bodens etc.) sowie von dem Stickstoffreichthum der organischen Substanzen, sondern auch ganz wesentlich von dem möglichst großen Vorrath an chemischer Spannkraft in den der Zersetzung überlieferten Substanzen, so leuchtet ein, daß gerade das Stroh und überhaupt alle noch nicht in Verwesung übergegangenen organischen Verbindungen bei Beginn ihres Zerfalls eine viel ausgiebigere Temperatursteigerung im Gefolge haben als die bereits mehr oder weniger in Zersetzung befindlichen Stoffe. Daß das Roggenstroh in seiner Wirkungsweise hinter dem Bohnenstroh und auch hinter dem Pferdedünger zurückblieb, dürfte theils in dem geringen Stickstoffgehalt[1]) desselben, theils in seiner ungünstigeren mechanischen Beschaffenheit[2]) und der hiedurch bedingten langsameren Zersetzungsfähigkeit seiner Eiweißkörper zu suchen sein. Es gelangten auch wirklich seine aus den angezogenen Gründen schwerer in Zerfall gerathenen Stickstoffverbindungen erst 13 Tage nach der Einlage zu bemerkenswerther Wirksamkeit, während diese beim Bohnenstroh bereits nach 3 Tagen einen lebhaften Zersetzungsproceß einzuleiten begannen. Das Bohnenstroh hatte zwischen 27. Mai und 10. Juni schon eine durchschnittliche Temperaturerhöhung von 0,58° verursacht, während diejenige beim Roggenstroh nur 0,35° betrug, um dann erst nach dieser Zeit bezüglich der Entbindung seiner chemischen Spannkräfte vollkommen mit derjenigen des Bohnenstrohs gleichen Schritt zu halten.

Wenn auch schon die Bedeutung des verschiedenen Stickstoffgehaltes der organischen Substanzen in dieser Versuchsreihe ihren Ausdruck fand, so glaubte Referent doch noch Versuche ähnlicher Art anstellen zu sollen, um den Einfluß der bekanntlich als «Ferment» sehr rasch und intensiv wirkenden, leicht zersetzbaren Jauche näher festzustellen. Gleichzeitig sollten experimentelle Untersuchungen über die Wirkungsweise der Düngung mit grünen Pflanzen (Buchweizen) und andererseits mit schon weit in ihrer Zersetzung fortgeschrittenen organischen Resten (Torf) vorgenommen werden. Mit dem Studium über die Verbreitung der durch

---

¹) Nach *E. Wolff's* Düngerlehre enthält:
lufttrockenes Winterroggenstroh im Mittel 0,40% N.
» Bohnenstroh » » 1,63 » N.

²) Das Roggenstroh ist lange nicht so porös als das Bohnenstroh; außerdem sind bei ersterem die organischen Substanzen viel mehr durch Kieselsäure inkrustirt als bei letzterem.

Zersetzung von organischen Düngemitteln produzirten Wärme in den verschiedenen Bodenschichten sollte die neue Versuchsreihe ihren Abschluß finden.

Versuchsreihe VI.

Einfluß der Düngung mit in Jauche und Wasser gefaultem Stroh, der Grün- und Torfdüngung auf die Erwärmung des Bodens.

Die Apparate, die bei Ausführung dieser Versuchsanstellungen nothwendig waren, bestanden aus sechs Holzkästen von der unter Versuchsreihe III angegebenen Beschaffenheit. Dieselben wurden sämmtlich mit dem schon öfters genannten, mäßig feuchten, humosen Kalksandboden gleichmäßig beschickt. Ein Kasten blieb ohne Dünger. Zwei erhielten je 898 gr Roggenstroh, von welchem das eine Quantum vor dem Einlegen 13 Tage in Jauche, das andere ebenso lang in Wasser eingeweicht war. Ein Kasten erhielt 1549 gr Torf (Wassergehalt desselben 49,0 %) und ein weiterer diejenige Menge (1237 gr) von frisch geschnittenem Buchweizen, welche auf einer der des Kastens gleich großen Fläche gewachsen war. Der letzte Kasten erhielt 2178 gr[1]) frischen Pferdedünger, der, ebenso wie die übrigen Substanzen, 10 cm tief untergebracht wurde. Sämmtliche Düngemittel und Ernterückstände (Stroh) hatten — mit Ausnahme des Buchweizens, der bei 85 % Wasser ca. 185 gr[2]) enthielt — gleichen Trockensubstanzgehalt (= 790 gr)[3]). Dem Torf wurden vor seiner Einverleibung in die Erde die gleiche Menge Wassers zugefügt, welche das Stroh beim Einweichen aufgenommen hatte (= 1990 gr). In dem ungedüngten, sowie in dem mit Pferdedünger beschickten Boden wurden je drei Thermometer in eine Tiefe von 5, 10 resp. 15 cm eingesetzt. Die Temperaturbeobachtungen erfolgten alle Tage früh 7 Uhr und Abends 5 Uhr.

Die bei dieser Versuchsreihe resultirenden Zahlen nebst den sich daraus berechnenden Differenzen sind in nachstehenden Tabellen niedergelegt:

---

[1]) p. ha = 889 Ctr.
[2]) p. ha = 75,6 Ctr. Trockensubstanz.
[3]) p. ha = 322,4 Ctr. »

Angestellt den 13. Juli 1882. Mittel:

	Tiefe des Thermometers.	Juli			August						Zusammenstell. der Mittel		
											Juli	August	
		15.-20.	21.-25.	26.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	15.-31.	1.-15.	16.-31.
1. Ohne Dünger	5 cm	23,51	22,37	14,31	15,63	17,08	22,00	16,39	16,25	14,39	19,93	18,24	15,60
2. Ohne Dünger	10 »	22,14	22,32	14,85	15,49	16,64	21,31	16,45	16,50	14,80	19,62	17,81	15,85
3. Ohne Dünger	15 »	22,17	21,81	15,43	15,42	16,21	20,39	16,46	16,43	14,98	19,33	17,34	15,90
4. Pferdedünger	5 »	24,14	22,94	14,34	15,75	17,21	22,32	16,29	16,08	14,52	20,33	18,43	15,56
5. Pferdedünger	10 »	22,47	22,71	15,02	15,60	16,65	21,30	16,32	16,32	14,73	19,91	17,85	15,72
6. Pferdedünger	15 »	21,57	22,38	15,63	15,62	16,38	20,46	16,59	16,47	15,05	19,72	17,49	15,97
7. Roggenstroh in Wasser eingeweicht	10 »	22,51	22,86	14,85	15,41	16,59	21,93	16,51	16,30	14,68	19,91	17,98	15,76
8. Roggenstroh in Jauche eingeweicht	10 »	22,53	23,08	15,36	15,52	16,55	21,68	16,99	16,55	14,93	20,16	17,92	16,08
9. Buchweizen	10 »	22,32	22,76	15,00	15,53	16,83	21,72	16,63	16,71	14,87	19,86	18,03	16,00
10. Torf.	10 »	22,42	22,55	14,82	15,54	16,62	21,43	16,60	16,31	14,69	19,78	17,86	15,79

Differenzen:

	Tiefe des Thermometers.	Juli			August						Zusammenst. d. Differenzen			Total-Mittel
											Juli	August		
		15.-20.	21.-25.	26.-31.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-31.	15.-31.	1.-15.	16.-31.	15. Juli bis 31. Aug.
1. Ohne Dünger	5 cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2. Ohne Dünger	10 »	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Ohne Dünger	15 »	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4. Pferdedünger	5 »	0,63	0,57	0,03	0,12	0,13	0,32	-0,10	-0,17	0,13	0,40	0,19	-0,04	0,14
5. Pferdedünger	10 »	0,33	0,39	0,17	0,11	0,01	-0,01	-0,13	-0,18	-0,07	0,29	0,04	-0,13	0,05
6. Pferdedünger	15 »	0,40	0,57	0,20	0,20	0,17	0,07	0,13	0,04	-0,07	0,39	0,15	0,07	0,15
7. Roggenstroh in Wasser eingeweicht	10 »	0,37	0,54	0,00	-0,08	-0,05	0,62	0,06	-0,20	-0,12	0,29	0,17	-0,09	0,09
8. Roggenstroh in Jauche eingeweicht	10 »	0,39	0,76	0,51	0,03	-0,09	0,37	0,54	0,05	0,13	0,54	0,11	0,23	0,22
9. Buchweizen	10 »	0,18	0,44	0,15	0,04	0,19	0,41	0,18	0,21	0,07	0,24	0,22	0,15	0,15
10. Torf.	10 »	0,28	0,23	-0,03	0,05	0,02	0,12	0,15	-0,19	-0,11	0,16	0,05	-0,06	0,04

In Folge der die Zersetzung des Strohes beschleunigenden Jauche war, wie zu erwarten stand, die Temperatur hier gegenüber dem nur in Wasser eingeweichten Stroh um ein Bedeutendes höher[1]). Dieser Unterschied in der Wirkungsweise läßt sich auf 2 Ursachen zurückführen, einmal auf die eine intensive Zersetzung des Strohes herbeiführende Wirkung der Jauche, dann aber auch auf die bei der Zersetzung der letzteren freiwerdenden chemischen Spannkräfte, welche gewiß anfänglich auf die Temperatursteigerung einen Einfluß ausübten.

Es kann nicht auffallen, daß der Torf, eine bereits stark zersetzte und darum seiner Wärmeentbindungsfähigkeit zum großen Theil verlustig gegangene organische Materie, nur eine sehr geringfügige Temperaturerhöhung (im Total-Mittel nur 0,04^{0}) aufzuweisen hatte. Eine etwas günstigere Beurtheilung verdient seine Wärmeproduktionsfähigkeit, wenn man die durch ihn im ersten Stadium seiner Wirksamkeit (15.—31. Juli) verursachte Temperatursteigerung ins Auge faßt. Letztere betrug zu genannter Zeit 0,16^{0}, im Verlauf der darauf folgenden 15 Tage freilich nur mehr 0,05 im Mittel. Trotzdem bleibt er aber in seiner diesbezüglichen Wirkungsweise hinter allen in obiger Tabelle angeführten Düngemitteln weit zurück. Eine belangreichere können wir beim Buchweizen constatiren, dieselbe wäre, in Anbetracht seines nicht zu unterschätzenden Stickstoffgehaltes, sicher noch viel erheblicher geworden, wenn dem Boden von ihm eine gleiche Trockensubstanzmenge einverleibt worden wäre, wie sie bei den übrigen Düngemitteln in Anwendung gebracht worden war.

Die durch die 10 cm tiefe Unterbringung von Pferdedünger in dem Boden hervorgerufene Wärmeentwickelung machte sich nicht bloß in dieser Schichte allein, sondern auch noch, wie die unter Nr. 4, 5 u. 6 der Tabelle aufgeführten Zahlen darthun, in der darüber und darunter befindlichen Bodenschichte bemerkbar. Einigermaßen auffällig mag es erscheinen, daß der Boden gerade in einer Tiefe von 10 cm im Mittel eine niedrigere Temperatur zeigte als in denjenigen von 5 resp. 15 cm. Möglicherweise ist diese anormale Erscheinung darauf zurückzuführen, daß die Thermometerkugel in eine nachträglich im Boden entstandene Höhlung hineinragte oder wenigstens von schlechten Wärmeleitern in der Weise z. B. umgeben war,

[1]) Es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, daß der größeren Temperatursteigerung auch ein weiter vorgeschrittener Humifikationsgrad des Strohes entsprach.

daß lose Düngertheilchen die Kugel umlagerten und hiedurch die Fortleitung der Wärme zum Quecksilber beeinträchtigten.

Alle bisher vorgenommenen Temperaturbeobachtungen fanden, wie schon bemerkt, nur zweimal des Tags, früh 7 Uhr und Abends 5 Uhr, statt. Um jedoch den Gang der Temperaturen und die sich daraus ergebenden Mittel auch zu den übrigen Stunden genau feststellen zu können, wurden die Ablesungen bei der letzten Versuchsreihe 4 Tage lang alle 2 Stunden vorgenommen, schon um deswillen, da bei nur zweimaliger Aufschreibung die Morgens und Abends beobachtete Bodentemperatur nicht in allen Fällen dem Minimum resp. Maximum entspricht.

Nachstehende Tabellen enthalten die von 2 zu 2 Stunden gewonnenen Zahlen und die aus denselben sich berechnenden Mittel und Differenzen:

19. Juli.

Zeit	Lufttemperatur	Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ohne Dünger			Pferdedünger			Stroh+Wasser	Stroh+Odel	Buchweizen	Torf
		Temperatur in einer Tiefe von cm:									
		5	10	15	5	10	15	10	10	10	10
12 Uhr Nachts	11,7	17,1	19,7	20,5	17,0	19,8	20,8	18,8	20,0	19,7	19,8
2 »	11,2	16,0	18,5	19,6	15,7	18,0	20,0	17,6	18,8	18,5	18,6
4 »	11,6	14,8	17,5	18,8	14,8	17,8	19,3	16,6	18,0	17,7	17,6
6 »	20,5	15,0	16,7	18,0	14,8	17,0	18,5	15,8	17,3	16,8	16,6
8 »	23,0	19,1	17,4	17,8	19,8	17,8	18,1	17,3	17,8	17,5	17,6
10 »	25,8	23,9	19,8	18,8	25,6	20,1	18,8	20,5	19,8	19,7	20,2
12 » Mittags	26,8	28,5	23,1	20,4	30,3	23,0	20,3	23,4	22,3	22,7	23,3
2 »	28,0	32,7	26,3	22,6	34,2	26,2	22,4	26,2	25,1	25,9	26,5
4 »	28,0	33,6	28,5	24,4	34,6	28,2	24,3	28,4	27,4	28,1	28,6
6 »	25,2	31,1	28,6	25,4	31,5	28,6	25,6	28,4	27,9	28,5	28,8
8 »	20,5	25,9	26,6	25,0	26,1	26,9	25,5	26,0	26,4	26,7	26,8
10 »	18,0	22,6	24,5	24,0	22,7	24,8	24,7	23,4	24,4	24,4	24,5

Witterung: Bis fr. kl. u. r., dann schw. W. u. th. bew. Nachm. u. Ab. r.

20. Juli.

12 Uhr Nachts	15,4	19,9	22,3	22,6	20,2	20,6	23,3	21,2	22,4	22,5	22,4
2 »	12,6	18,1	20,8	21,5	18,3	20,2	22,2	19,7	21,1	21,1	20,8
4 »	9,8	16,3	19,3	20,4	16,5	19,8	21,1	18,2	19,8	19,7	19,3
6 »	22,6	16,1	18,1	19,6	16,3	18,7	20,1	17,2	18,8	18,5	18,2
8 »	24,7	20,4	18,7	19,2	21,4	19,3	19,8	18,4	19,2	19,1	19,0
10 »	27,4	26,3	21,6	20,2	28,6	22,2	20,4	22,4	21,8	21,8	22,1
12 » Mittags	29,0	31,3	25,1	22,0	33,9	25,5	22,0	26,6	25,2	25,3	25,6
2 »	30,2	34,5	28,4	24,4	36,4	28,5	24,3	30,1	28,4	28,5	28,8
4 »	30,5	35,0	30,2	26,0	36,6	30,3	26,4	31,8	30,2	30,4	30,6
6 »	27,5	32,8	30,2	26,9	33,6	30,4	27,3	31,4	30,4	30,5	30,6
8 »	21,4	27,7	28,3	26,4	28,3	28,8	27,1	28,8	28,8	28,7	28,7
10 »	16,6	23,5	25,5	25,2	24,0	26,0	25,9	25,4	26,2	25,4	25,8

Witterung: Kl., bis Vorm. r., dann schw. W. Ab. r.

21. Juli.

Zeit	Lufttemperatur	Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Ohne Dünger			Pferdedünger			Stroh + Wasser	Stroh + Jauche	Buchweizen	Torf
		Temperatur in einer Tiefe von cm:									
		5	10	15	5	10	15	10	10	10	10
12 Uhr Nachts	17,2	21,2	23,5	23,8	21,7	24,2	24,7	23,2	24,3	24,0	23,8
2 »	14,9	19,6	22,1	22,7	20,0	22,7	23,6	21,7	22,8	22,6	22,3
4 »	12,6	18,1	20,7	21,6	18,4	21,2	22,5	20,2	21,4	21,3	20,8
6 »	20,8	17,5	19,5	20,8	18,0	20,2	21,5	19,2	20,5	20,1	19,7
8 »	24,6	21,2	19,9	20,4	22,4	20,6	21,1	20,2	20,8	20,5	20,3
10 »	27,4	25,3	22,0	21,0	27,3	22,7	21,5	22,9	22,6	21,4	22,5
12 » Mittags	29,4	29,7	24,8	22,5	32,0	25,4	22,7	26,4	25,2	25,1	25,4
2 »	29,8	33,9	28,1	24,5	36,0	28,4	24,6	30,2	28,4	28,3	28,7
4 »	27,3	32,1	29,3	26,0	33,4	29,6	26,3	31,0	29,7	29,6	29,8
6 »	24,0	28,5	28,1	26,2	29,4	28,5	26,7	29,0	28,6	28,5	28,4
8 »	20,0	25,3	26,3	25,4	25,8	26,8	26,1	26,6	27,0	26,7	26,6
10 »	18,6	22,9	24,4	24,4	23,2	25,0	25,1	24,4	25,2	24,9	24,6

Witterung: Kl. u. r. Vorm. schw. bew. M. kl. u. schw. W. Nachm. 4 U. G. u. sch. W. Ab. bew. u. r.

22. Juli.

Zeit	Lufttemperatur	Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12 Uhr Nachts	18,6	21,7	23,2	23,4	22,2	23,8	24,1	23,1	24,0	23,7	23,4
2 »	17,5	20,6	22,4	22,3	21,4	22,7	22,6	22,3	22,0	22,5	22,0
4 »	16,8	19,8	21,2	21,8	20,2	21,8	22,5	21,2	22,0	21,7	21,4
6 »	16,8	19,1	20,5	21,0	19,7	21,1	22,0	20,6	21,4	20,9	20,8
8 »	18,2	19,7	20,3	20,8	20,3	20,8	21,5	20,4	21,0	20,9	20,5
10 »	20,0	20,5	20,5	20,7	21,3	21,0	21,3	20,9	21,4	21,0	20,8
12 » Mittags	23,1	23,1	21,4	20,8	24,2	21,8	21,5	22,0	22,0	21,7	21,7
2 »	27,2	25,7	23,0	21,6	26,9	23,4	22,1	24,0	23,5	23,4	23,3
4 »	22,6	25,9	24,1	22,6	26,8	24,5	22,9	25,2	24,6	24,5	24,4
6 »	20,8	24,1	23,9	22,8	24,8	24,3	23,3	24,6	24,4	24,3	24,1
8 »	18,2	22,1	23,0	22,6	22,6	23,4	23,5	23,6	23,6	23,5	23,2
10 »	16,7	20,3	21,7	22,0	20,6	22,2	22,6	21,8	22,4	22,3	21,8

Witterung: Mn. st. W. u. G. Von 3 U. Mg. ab abw. bew. u. r. Von 4³/₄ bis 6 U. schw. R., dann bew. u. schw. W. bis Ab. Ab. bew. u. r.

Mittel:

Datum	Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Ohne Dünger			Pferdedünger			Stroh + Wasser	Stroh + Jauche	Buchweizen	Torf
	Temperatur in einer Tiefe von cm:									
	5	10	15	5	10	15	10	10	10	10
19. Juli 1882	23,36	22,27	21,27	23,92	22,35	21,52	21,87	22,10	22,18	22,41
20. »	25,16	24,04	22,87	26,17	24,19	23,32	24,27	24,36	24,33	24,32
21. »	24,61	24,06	23,27	25,63	24,61	23,87	24,58	24,71	24,42	24,41
22. »	21,88	22,10	21,87	22,58	22,57	22,49	22,47	22,69	22,53	22,28
Mittel:	23,75	23,12	22,32	24,58	23,43	22,80	23,30	23,46	23,37	23,36

Differenzen:

Datum	Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19. Juli 1882	0,00	0,00	0,00	0,56	0,08	0,25	-0,40	-0,17	-0,09	0,14
20. »	0,00	0,00	0,00	1,01	0,15	0,45	0,23	0,32	0,29	0,28
21. »	0,00	0,00	0,00	1,02	0,55	0,60	0,52	0,65	0,36	0,35
22. »	0,00	0,00	0,00	0,70	0,47	0,62	0,37	0,59	0,43	0,18
Mittel:	0,00	0,00	0,00	0,83	0,31	0,48	0,18	0,34	0,25	0,24
Mittel bei 2maliger Ablesung: Fr. 7 U. Ab. 5 U. 19.—22. Juli	0,00	0,00	0,00	0,71	0,41	0,48	0,27	0,42	0,34	0,27

Die Bodentemperatur war, wie aus vorliegenden Ziffern ersichtlich, zur Zeit dieser Versuchsperiode eine (auch bei Nacht) durchweg sehr hohe. Dieser entsprach eine meist sehr ausgiebige Wärmeentwickelung, die nur bei den mit Stroh gedüngten Kästen am ersten Beobachtungstage (19. Juli) eine merkliche Reduktion dadurch erfuhr, daß diese unter dem Einfluß einer größeren Verdunstungskälte — weil oberflächlich noch nicht abgetrocknet — standen als der ungedüngte, eher oberflächlich trocken gewordene Boden (Vergl. die in dieser Versuchsreihe angegebenen Differenzen). Daß gerade dieser Umstand schuld war an den zu niedrig gefundenen Zahlen beweist die Thatsache, daß die Temperatursteigerungen in den beiden mit Stroh versehenen Böden auch noch mehrere Tage nach dem oberflächlichen Abtrocknen bei Nacht viel größer waren als bei Tag, weil eben die, in Folge der zu letztgenannter Zeit stattfindenden Insolation des Bodens, durch Wasserverdunstung bewirkte Wärmeentnahme bei Nacht nicht mehr zur Wirksamkeit gelangen konnte. Sehr wahrscheinlich wurde durch das eingelegte, voluminöse Stroh die wasserfassende Kraft der betreffenden Böden dauernd erhöht und hiedurch der eben citirte Mißstand immer wieder von Neuem hervorgerufen (19. u. 25. Juli, 8., 21., 25. u. 31. August).

Aus vorstehenden Gründen können alle diesbezüglichen Zahlen nicht der wahre Ausdruck der durch das Stroh bedingten Temperatursteigerungen sein. Auch der mit dem Torf angestellte Versuch (Nr. 10 der Tabellen) litt anfänglich unter dem nachtheiligen Einfluß dieser unliebsamen Erscheinung (Vergl. die Differenzen der 2stündlichen Beobachtungen).

Die aus den bei den 2stündlichen Aufzeichnungen gewonnenen Durchschnittsziffern (Siehe die zuletzt angeführten Mittel der Differenzen von dieser Versuchsreihe) stehen im Allgemeinen etwas niedriger als die Mittel der nur Morgens (7 Uhr) und Abends (5 Uhr) abgelesenen Temperaturen. Im Uebrigen zeigen beide Zahlenreihen proportionale Verhältnisse.

Auch hier, bei den 2stündlichen Versuchen tritt die schon aus Anlaß der Eingangs dieser Versuchsreihe sich ergebenden Zahlenreihen ventilirte Thatsache auf, daß die Temperatur in der 10 cm tief eingelegten Pferdedüngerschichte gegenüber der 5 resp. 15 cm tiefen ungedüngten Bodenschichte zurücksteht. Referent muß hier auf seine diesbezüglichen obigen Auseinandersetzungen verweisen.

Auffälliger Weise war bei den zur Tag- und Nachtzeit in Inter-

vallen von 2 Stunden angestellten Beobachtungen die in einer Tiefe von 5 cm gefundene Temperatur (vergl. die Mittel der Differenzen) stets höher als diejenige in der von 10 bezw. 15 cm. Es dürfte sich schwer die richtige Erklärung dieser Thatsache finden lassen; man könnte zwar annehmen, daß die durch den Dünger im Boden entwickelte Wärme sich mehr nach oben als nach unten zu verbreitete oder daß gerade während dieser 4tägigen Versuchszeit in obersten wärmeren Bodenschichten eine ausgiebige Oxydation der schon ursprünglich vorhanden gewesenen humosen Stoffe zu dieser Temperatursteigerung beigetragen hätte. Allein es wird schwer halten bei dieser Annahme stehen zu bleiben, wenn wir die — der Kürze halber bei diesen Abhandlungen nicht angegebenen — zwischen 15. Juli und 31. August Morgens und Abends vorgenommenen Temperaturbeobachtungen durchgehen, aus welchen unzweideutlich erhellt, daß die angezogene Temperaturerhöhung nur zwischen 15. und 23. Juli — solange relativ sehr hohe Bodentemperaturen zu verzeichnen waren — anhielt, um sodann gleichen Schritt mit derjenigen der übrigen Tiefen zu halten oder unter diese herunterzugehen, wodurch, wie aus den 14-tägigen Mitteln der Differenzzahlen der auf S. 394 stehenden Tabelle hervorgeht, im Mittel ein Ausgleich zwischen den in einer Tiefe von 5 und 15 cm beobachteten Temperaturen erfolgen konnte.

Versuchsreihe VII.

Einfluß des Kalkens von gedüngtem Boden auf dessen Temperatur.

Nach den von Herrn Professor Dr. *Wollny* im heurigen Sommer angestellten — bis jetzt noch nicht veröffentlichten — Untersuchungen über den Einfluß des Aetzkalkes auf gedüngten und ungedüngten Boden ergab sich, daß eine Kalkdüngung eine Zeit lang mehrend auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft zu wirken im Stande sei. Dieses Ergebniß mußte zu der Schlußfolgerung führen, daß diese Mehrung ohne Zweifel einer lebhafteren Zersetzung der organischen Stoffe zuzuschreiben sei und daß demnach bei Zuführung von Aetzkalk zu einem gedüngten Boden nicht bloß eine vermehrte Kohlensäure-, sondern auch eine höhere Temperatursteigerung sich wahrnehmen ließe. Um sich über letzteren Punkt nähere Aufschlüsse zu verschaffen stellte Referent nachstehende Versuche an: Vier schon bei Versuch 1, Versuchsreihe I, beschriebene Holzkästen wurden mit humosem mäßig feuchten Kalksandboden gefüllt. Zwei

hielten in einer Tiefe von 10 cm je 120 gr[1]) lufttrockenen Pferdedünger (mit 12,20 % Wasser), die beiden anderen je 281 gr[2]) frischen Pferdedünger. Je einem der beiden Kästen wurden noch zum Dünger 40 gr[3]) frisch gelöschter, pulverförmiger Aetzkalk innig beigemengt. Die Thermometer waren 10 cm tief in den Boden eingesenkt. Sämmtliche Kästen wurden zur Vornahme der Temperaturbeobachtungen in einem luftigen Gartenhause am 2. Sept. aufgestellt. Am 5. und 20. Sept. wurde das verdunstete Wasser durch Aufgießen von 880 resp. 250 ccm ersetzt.

Die Ergebnisse der Beobachtungen sind in folgenden Tabellen niedergelegt:

Angestellt den 2. Sept. 1882. Mittel:

			September					Mittel
			5.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	5.-30.
120 gr	lufttrockener Pferdedünger	ohne Aetzkalk	15,41	13,72	11,71	10,52	11,03	12,59
120 »	lufttrockener Pferdedünger	mit »	15,35	13,73	11,77	10,56	11,06	12,60
281 »	frischer Pferdedünger	ohne »	15,51	13,80	11,75	10,54	11,01	12,64
281 »	frischer Pferdedünger	mit »	15,52	13,88	11,83	10,70	11,18	12,73

Differenzen:

			September					Mittel
			5.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.	5.-30.
120 gr	lufttrockener Pferdedünger	ohne Aetzkalk	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
120 »	lufttrockener Pferdedünger	mit »	-0,06	0,01	0,06	0,04	0,03	0,01
281 »	frischer Pferdedünger	ohne »	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
281 »	frischer Pferdedünger	mit »	0,01	0,08	0,08	0,16	0,17	0,09

Der Aetzkalk blieb, wie aus den Zahlen zu ersehen ist, nicht ohne Einwirkung. Beim getrockneten Pferdedünger betrug die Temperaturerhöhung zwischen 16. und 20. September im Mittel 0,06; beim frischen zwischen 26. und 30. gleichen Monats 0,17°. Das Gesammtmittel berechnet sich jedoch nur auf 0,01 bezw. 0,09°.

In Anbetracht der dem Boden einverleibten sehr beträchtlichen Düngerquantitäten und der großen Menge Aetzkalk, welche nur mit dem in einer Schichte befindlichen Dünger und nicht, wie es in der Praxis geübt wird, mit einem größeren Bodenvolumen gemischt wurde und An-

[1]) Auf frischen 70 % Wasser haltenden Pferdedünger berechnet giebt p. ha 1183 Ctr.

[2]) = 900 Ctr. p. ha.

[3]) = 128 Ctr. p. ha.

gesichts der trotz dieser günstigen Verhältnisse so minimalen Temperatursteigerung muß man zu der Aufstellung des Satzes kommen, daß die durch eine bei 8—19^0 erfolgende Einwirkung von Aetzkalk auf einen frisch gedüngten Boden hervorgerufene Temperatursteigerung in den meisten Fällen von ganz untergeordneter Bedeutung sein wird.

Bevor ich zur Zusammenfassung sämmtlicher Versuchsresultate übergehe, halte ich es für nothwendig noch auf einige Punkte zurückzukommen, deren Besprechung in früheren Abschnitten nicht thunlich erschien.

Den bei den Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Wärmeproduction im Boden gewonnenen Resultaten könnte noch eine stattliche Zahl diesbezüglicher ecclatanter Belege angereiht werden. Die im Laufe des Frühjahrs und Sommers bei Tag und Nacht im Boden herrschenden Temperaturen waren sehr verschiedene; sie schwankten im ungedüngten Boden in einer Tiefe von 10 cm zwischen 2,4 (Versuchsreihe V) und 31,3^0 C. (Versuchsreihe VI). Dementsprechend mußte auch die Zersetzung der Düngemittel resp. deren Wärmeentwickelung — abgesehen von allen übrigen Umständen — eine sehr variirende sein. In dieser Beziehung bietet besonders die Versuchsreihe V recht anschauliche Beispiele. Es braucht wohl kaum daran erinnert zu werden, daß sich die Zersetzung der organischen Substanzen im Speziellen ohne Rücksicht auf die Jahres- und Tageszeit vollzieht und daß sie lediglich von den jeweils auftretenden Bodentemperaturen beherrscht wird. Im Allgemeinen ist jedoch daran festzuhalten, daß zur wärmeren Jahreszeit (Sommer) die durch die Düngung bewirkte Temperatursteigerung eine viel intensivere war als im Frühjahr und daß auch meistens bei Nacht die Wärmeproduction weit hinter derjenigen des Tages zurückstand.

Es erübrigt noch, die Frage zu erörtern, von welchem Zeitpunkte ab nach vollzogener Düngung sich die größte Intensität der Wärmeentwickelung einstellte, wie hoch sie anzuschlagen sei und wie lange die Wirksamkeit der wärmeentbindenden Substanzen anhielt.

Bei näherem Eingehen auf die in den Versuchsreihen III, IV, V u. VI niedergelegten Zahlen finden wir ohne Ausnahme, daß die höchste Temperatursteigerung im Allgemeinen sofort nach der in den Boden erfolgten Einverleibung der Düngerstoffe und Ernterückstände eintrat. Scheinbar machen von dieser Regel die in Versuchsreihe VI unter Nr. 7 und

8 sich für die Zeit zwischen 15. und 20. Juli ergebenden Differenzzahlen 0,37⁰ und 0,39⁰ eine Ausnahme insofern nämlich, als diese erst in der nächstfolgenden Pentade auf 0,54⁰ und 0,76⁰ stiegen. Gedenkt man aber des Umstandes, daß — wie bereits an einschlägiger Stelle bereits dargethan wurde — die Abtrocknung der beiden Versuchsflächen erst zu der Zeit erfolgte (19. Juli), als die der übrigen bereits eingetreten war, so wird man begreifen, daß die ersteren Zahlen nur in Folge dieses Versuchsfehlers so niedrig ausfallen konnten.

Die in den Versuchsreihen III, IV, V und VI während der ersten drei Pentaden beobachteten Temperaturerhöhungen schwanken je nach dem größeren oder geringeren Einfluß der einzelnen, die Größe der Temperatursteigerung bedingenden Momente, zwischen 0,09 (Rindviehdünger, Versuchsreihe III) und 0,58 (Bohnenstroh, Versuchsreihe V). Die mit der Länge der Zeit sich fortwährend mindernde und schließlich bis auf 0⁰ zurückgehende Wärmeentwicklung zeigte sich bei den im Freien ausgeführten Düngungsversuchen mindestens 30 Tage (Tabelle VIII) wirksam, bei anderen Versuchen (Tabelle V) währte sie 45 Tage und wieder bei anderen (Tabelle VI und VII) war sie noch nicht einmal nach 66 Tagen erloschen.

Daß die größte Intensität der Wärmeproduction in der ersten Zeit nach der Einlage des Düngers und der Ernterückstände in den Boden erfolgte, ist leicht verständlich, wenn man berücksichtigt, daß, wie bereits an früherer Stelle hervorgehoben wurde, der dem Dünger innewohnende Vorrath an chemischen Spannkräften um so größer sein muß, je mehr derselbe noch Stoffe enthält, welche den durch den Lebensproceß der Pflanze gebildeten chemischen Verbindungen möglichst nahe kommen. Gelangt nun ein an Spannkräften möglichst reicher, d. h. möglichst frischer Dünger in die Erde, so wird derselbe — wenn die bei seiner Zersetzung erforderlichen günstigen Bedingungen erfüllt werden — gleich anfänglich die höchst mögliche Temperatursteigerung im Boden bewirken. Ist der erste Zerfall der Hauptsache nach beendet, so tritt eine stets abnehmende Reduktion in der Wärmeentbindung ein, da jetzt nur mehr organische Reste von humusartigem Charakter vorhanden sind, die in Folge ihrer Beständigkeit nur langsam sich oxydiren und somit wenig mehr zur Temperatursteigerung des Bodens beizutragen vermögen.

Wie aus diesen Darlegungen hervorgehen dürfte, ist die temperatur-



erhöhende Wirksamkeit der Düngung nur eine vorübergehende Eigenschaft derselben. Sie vermag die Bodentemperatur ca. 4—12 Wochen lang und unter Umständen noch über diesen Zeitraum hinaus um einige Zehntels-Grade, — in günstigen Fällen ausnahmsweise um ca. 0,6^0 — zu erhöhen. Vorübergehende, nur auf wenige Tage oder Stunden sich erstreckende über 1^0 betragende Temperatursteigerungen (Stroh) verdienen meines Erachtens um so weniger Beachtung, als diese gewöhnlich nur für sehr kurze Zeiträume und bei Bodentemperaturen (20—30^0) beobachtet zu werden pflegen, die ohnedies den Pflanzen ein gedeihliches Wachsthum sichern. Die durch die Einverleibung von Dünger in den Ackerboden veranlaßte Wärmeerzeugung hätte nur dann eine belangreiche praktische Bedeutung, wenn diese niedrige Temperaturen, bei denen kein ersprießliches Pflanzenwachsthum mehr möglich ist, um ein Merkliches in die Höhe zu treiben vermöchte. Dieser Ausspruch ist um so gerechtfertigter als vorliegende Versuche meistens mit Düngerquantitäten in Ausführung gebracht wurden, die zu überschreiten sich nicht leicht ein rationeller Landwirth gestatten würde.

Zum Schlusse lasse ich hier mehrere Zahlen folgen, welche die in maximo jeweils durch ausgiebige Düngungen und hohe Bodentemperaturen erzielten Temperatursteigerungen wieder geben:

Es bewirkten am	in der Versuchsreihe	Centner Dünger per ha	mit Centner Trockensubstanz per ha	bei einer Bodenwärme von	folgende Temperatursteigerung
8. März Morgens	II	900 Ctr. fr. Pferdedünger	c. 270	24,8° C.	1,3°
7. » »	II	900 » » »	c. 270	26,0	1,2
28. Mai Abends	V	869 » » »	c. 311	29,1	1,0
27. » »	V	367 » Bohnenstroh	c. 311	27,3	2,8
28. » »	V	367 » »	c. 311	29,1	2,2
21. Juli Morgens	VI	367 »gejaucht.Roggenstroh	c. 311	19,4	1,0
22. » »	VI	367 » » »	c. 311	20,3	1,1

Faßt man alle vorausgegangenen Beobachtungen und Erwägungen zusammen, so gelangt man zu nachstehenden Schlußfolgerungen:

1. *Durch Einverleibung von Düngemitteln organischer Abkunft in den Ackerboden wird die Temperatur desselben erhöht. Diese Temperatursteigerung wächst unter sonst gleichen Verhältnissen: a) mit der Düngermenge, b) mit der Temperatur des Bodens innerhalb gewisser Grenzen und c) mit dem Wassergehalt desselben, mit letzterem jedoch nur solange, als die in Folge der*

Wasserverdunstung aus dem Boden entstandene Verdunstungskälte nicht den erzielten Wärmeeffekt paralisirt und die in den Hohlräumen eingeschlossene Luft nicht eine solche Verminderung erleidet, daß der Zerfall der organischen Stoffe (und damit die Wärmeentbindung) wegen Sauerstoffmangel beeinträchtigt wird.

2. *Eine unter + 10⁰ sich bewegende Temperatur hemmt die Wärmeproduction, auch bei sehr starken Düngungen — 1200 Centner Pferdedünger pro ha —, fast vollständig.*
3. *Die durch Düngungen mit organischen Substanzen hervorgerufene Temperatursteigerung ist, abgesehen von den sub 1 und 2 geschilderten Umständen, abhängig von der mehr oder weniger günstigen Zersetzungsfähigkeit der Düngemittel; letztere wird bedingt durch die chemische und mechanische Beschaffenheit derselben. Je größer in einem Düngerstoff der Vorrath an chemischer Spannkraft und an leicht zersetzbaren stickstoffhaltigen Verbindungen bei günstiger Porosität ist, um so größer wird der bei der Zersetzung desselben sich äußernde Wärmeeffekt sein.*
4. *Alle eine raschere Zersetzung der organischen Stoffe herbeiführenden Agentien wirken günstig auf die Wärmeproduction; von besonderer Wirkung in dieser Hinsicht ist die Gülle, von ungleich geringerer der Aetzkalk.*
5. *Für eine gleichmäßige Vertheilung der im Boden gebildeten Wärme ist es im Allgemeinen gleichgültig, ob die Einlage des Düngers in einer oder in mehreren Schichten stattfindet.*
6. *Die lebhafteste Wärmeentwickelung tritt in der Regel sofort nach dem Einbringen des Düngers in den Boden ein. Sie persistirt eine mehr oder weniger lange Zeit je nach der Gunst oder Ungunst der äußeren Verhältnisse und der Beschaffenheit des Düngermaterials und nimmt allmälig ab bis zu einem Zeitpunkt, wo sich der gedüngte Boden von dem ungedüngten bezüglich seiner Temperatur nur unwesentlich mehr unterscheidet.*
7. *Die Dauer der temperaturerhöhenden Wirkung der in der Praxis noch zulässigen stärksten Düngungen (900—1000 Ctr. pro ha) variirte zwischen 4 und 12 (und noch mehr) Wochen; die Größe der Temperatursteigerung bewegte sich zwischen 0,00 und 0,58⁰. Im Mittel ungefähr zwischen 0,10⁰ und 0,40⁰.*

8. *Das Maximum der beobachteten Temperatursteigerungen betrug bei den am leichtesten zersetzbaren Düngerstoffen (Bohnenstroh und frischem Pferdedünger) 2,8° resp. 1,0°. Das in den ersten 3 Pentaden gefundene Mittel der Temperaturerhöhungen belief sich im günstigsten Falle auf 0,58° (bei 900—1100 Ctr. Pferdedünger pro ha).*
9. *Nach der temperaturerhöhenden Wirkung der Düngung mit organischen Substanzen hat der Boden, wenn keine weiteren mechanischen Veränderungen mit demselben vorgenommen werden, in seinen physikalischen Eigenschaften Aenderungen erlitten, welche einen Ausgleich in den Temperaturverhältnissen des gedüngten und des ungedüngten Bodens herbeiführen, zum Theil aber auch ein, wenn gleich geringes, Herabgehen der Temperatur des ersteren unter die des letzteren bedingen.*
10. *In Rücksicht auf die Fruchtbarkeit des Ackerlandes kann der nachgewiesenen Temperatursteigerung, welche durch die Zersetzung von den in der Praxis gewöhnlich angewendeten Düngermengen hervorgerufen wird, wegen der im Allgemeinen verhältnißmäßig nicht erheblichen Erwärmung des Kulturlandes keine besondere Bedeutung beigemessen werden.*

Neue Litteratur.

F. Masure. **Die Verdunstung des Wassers aus dem Ackerlande.** Zweite Mittheilung.[1]) Experimentelle Untersuchungen über die besonderen Einflüsse der Elemente des Ackerlandes auf die Verdunstung des Wassers. Annales agronomiques. 1882. T. VIII. 2. Fasc. p. 161—226.

In der Einleitung weist Verf. auf die Wichtigkeit eines normalen Wassergehaltes für die Fruchtbarkeit des Kulturlandes hin. Indem er von der Ansicht ausgeht, daß die in dem Boden auftretenden Wassermengen hauptsächlich von der an der Oberfläche stattfindenden Verdunstung beherrscht werden[2]), glaubt er der Frage des Einflusses der den Boden constituirenden Elemente auf die Verdunstung auf experimentellem Wege näher treten zu sollen. Die vom Verf. im Jahre 1880 angestellten Untersuchungen, über deren Resultate er in vorliegender Arbeit berichtet[3]), bezogen sich auf den Einfluß der physikalischen, mechanischen

[1]) Vergl. die Referate über die früheren Untersuchungen des Verf. in dieser Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 135. 191. 412.

[2]) Der Wassergehalt des Bodens ist nicht allein von der Verdunstung, sondern auch von vielen anderen Umständen abhängig. Vgl. hierüber die Arbeiten d. Ref. in dieser Zeitschr.

[3]) Die Arbeiten deutscher, englischer und amerikanischer Forscher über vorliegenden Gegenstand scheinen dem Verf. unbekannt geblieben zu sein.

und chemischen Beschaffenheit des Bodens auf die Verdunstung aus demselben, während die zu späterer Veröffentlichung bestimmten Beobachtungen aus dem Jahre 1881 den Effekt der Insolation und nächtlichen Strahlung auf die Verdunstung zum Gegenstand haben.

Verf. wählte vier, in ihrem physikalischen Verhalten wesentlich verschiedene Erdarten zu seinen Versuchen aus, nämlich: 1) feinkörnigen Loire-Sand, 2) spanische Kreide, 3) Walkererde, 4) gut zersetzten Pferdedünger als Repräsentanten des Sandes, resp. des pulverförmigen Kalkes, des Thones und des Humus und verwandte außerdem humose Gartenerde.

Der Sand war zuvor gewaschen worden und enthielt keine abschlämmbaren Bestandtheile mehr. Die spanische Kreide enthielt 96% pulverförmige Kalkerde, 1,6% Quarzsand und 2,3% thonige Bestandtheile, die Walkererde neben 95,6% Thon: 4% Quarzsand. Der Pferdedünger, bei 100° getrocknet, hinterließ nach dem Verbrennen keine anderen Bestandtheile als die Asche. Die Gartenerde enthielt 12% Steinchen und 88% einer Feinerde, welche zusammengesetzt war aus 53,7% Quarzsand, 7,3% Kalksand, 12,6% pulverförmigen Kalk, 20,0% Thon und 5,3% organischen Substanzen.

Die bezeichneten Materialien wurden bei 100° getrocknet und zu gleichem Volumen (400 ccm) in die, aus cylinderförmigen Fayence-Gefäßen von 80 qcm Querschnitt bestehenden Evaporimeter gefüllt. Das Gewicht der Böden betrug: Sand 600 gr, pulverförmiger Kalk 400 gr, Thon 300 gr, Dünger 140 gr, Erde 400 gr. Die Anfeuchtung der Böden erfolgte in der Weise, daß man die Gefäße in Wasser tauchte so lange, bis die ganze Masse vollständig durchfeuchtet war. Hierauf ließ man die Substanzen, welche eine breiartige Masse bildeten, sich setzen und schöpfte den Ueberschuß von Wasser ab. Die auf diese Weise beschickten Gefäße wurden auf eine, 1,5 m über eine mit Pflanzen besetzte Rabatte sich erhebende Terrasse gestellt, ohne Schutz gegen die Sonnenstrahlen.

Die Beobachtungen wurden regelmäßig dreimal des Tages gemacht, bei Sonnenaufgang und -Untergang und Mittags.

Allgemeiner Gang der Verdunstung der verschiedenen Bodenelemente. Bei Vergleichung der Verdunstungsgrößen verfährt Verf. in der Weise, daß er für die verschiedenen Bodenarten, resp. für die freie Wasserfläche den Termin feststellt, wo die Verdunstung ganz oder nahezu aufhört, hieraus die Verdunstungstage seit Beginn des Versuchs berechnet und unter Berücksichtigung der während dieser Zeit verdunsteten Wassermengen die auf einen Tag fallende Verdunstungsgröße berechnet. Auf diese Weise erhält er folgende Tabelle:

	Mittlere Geschwindigkeit der täglichen Verdunstung. mm	Dauer dieser Geschwindigkeit in der Periode. Tage
Freie Wasserfläche	4,2	unbestimmt
Gartenerde	4,5	3
Sand	3,7	3
Kalk, pulverförmig	3,5	5
Thon	4,3	7
Dünger	4,5	3.

(Aus diesen Zahlen läßt sich nur wenig ersehen, da abgesehen davon, daß

Verf. mehrere Nebenumstände, die für die Verdunstung wichtig sind, nicht berücksichtigt hat, die Zahlen der ersten Columne unter sich nicht vergleichbar sind wegen der verschiedenen Dauer der Verdunstungszeit, wodurch bei Berechnung der täglichen Verdunstungsmenge verschiedene Divisoren zur Anwendung kamen. Um eine Vergleichung der Verdunstungsgrößen zu ermöglichen, wäre es nöthig gewesen, die Verdunstungszeit auf gleiche Dauer zu bemessen, weil nur in diesem Falle der an jedes naturwissenschaftliche Experiment zu stellenden Anforderung, nach welcher alle Faktoren bis auf einen, dessen Einfluß festgestellt werden soll, gleich sein müssen, Genüge geschehen wäre. Wählt man jenen Zeitpunkt als Endtermin des Versuchs, wo die erste Bodenart (Sand) aufhörte, Wasser zu verdunsten, so ergeben sich 6 Tage, während welcher das Wasser und die verschiedenen Bodenarten nach den Angaben des Verf. folgende Wassermengen verdunsteten:

	Wassermenge per 400 ccm des Materials.	Verdunstung Total.	Verdunstung per Tag.
	gr	gr	gr
Wasser	435	215	35,8
Thon	295	205	34,2
Dünger	280	170	28,3
Kalk	190	148	24,7
Gartenerde	180	138	23,0
Sand	135	110	18,3.

Vorstehende Zahlen, durch welche die relative Verdunstungsfähigkeit der verschiedenen Materialien unter gleichen äußeren Umständen zum Ausdruck gelangt, liefern einen neuen Beweis für die von *Haberlandt*, *Wollny* u. A. festgestellte Thatsache, daß der Boden im Allgemeinen um so größere Wassermengen verdunstet, je mehr Feuchtigkeit er enthält oder zu fassen vermag. D. Ref.)

Verf. bespricht alsdann die Hygroskopicität und die wasserfassende Kraft der verwendeten Materialien. Bei der Bestimmung dieser Eigenschaften wendet er Methoden an, die nach keiner Richtung hin ein zutreffendes Bild der obwaltenden Verhältnisse liefern können. Die Hygroskopicität wird nicht direkt gemessen, sondern aus den Wassermengen berechnet, welche der Boden in dem oben angezogenen Verdunstungsversuch zu dem Zeitpunkt enthielt, wo er weiterhin keinen Verlust mehr erlitt, indem angenommen wird, daß die Erde unter solchen Verhältnissen kein anderes als hygroskopisches Wasser enthalten könne. Eine solche Annahme ist indessen durchaus unrichtig, da die tieferen Schichten des in den Gefäßen eingeschlossenen Bodens tropfbar flüssiges Wasser enthalten konnten, trotzdem die Verdunstung sistirt war, weil bekanntlich bei starker Austrocknung der oberen Schichten die Verdunstung aus den tieferen Schichten vollständig gehemmt wird[1]). Aus diesem Grunde mußten die vom Verf. für die Hygroskopicität berechneten Zahlen abnorm hoch ausfallen.

Bei Feststellung der wasserfassenden Kraft berechnet Verf. die betreffenden Coëfficienten aus den Wassermengen, welche die Böden im Zustande der Sättigung enthalten, nach dem Gewicht des Bodens und verwirft die auf das Volumen bezogenen Zahlen, während bereits längst, namentlich von *A. Mayer* und *v. Lieben-*

[1]) Vergl. die Arbeiten von *P. Wagner*, *J. Neßler*, *A. Schleh* und dem Ref. Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 329 u. S. 325—337.

berg in eclatanter Weise nachgewiesen wurde, daß die bei vollständiger Sättigung des Bodens und auf das Gewicht bezogenen Zahlen nicht geeignet sind, die Unterschiede in dem Wassergehalt der verschiedenen Böden unter natürlichen Verhältnissen zu charakterisiren. Aus vorstehenden Gründen übergehen wir hier die betreffenden, vom Verf. angeführten Daten.

Weiterhin vergleicht Verf. die Verdunstung einer freien Wasserfläche mit derjenigen der verschiedenen Böden, wenn letztere einerseits oberflächlich feucht, andererseits in den obersten Schichten abgetrocknet sind, indem er hierbei die geeigneten Tage und Tageszeiten aus einer größeren Zahl von Versuchen herausgreift. Er gelangt hierbei zu folgenden Schlußfolgerungen: 1. Die Erden verdunsten mehr Wasser als eine freie Wasserfläche, wenn ihre Oberfläche naß ist; sie verdanken diese wichtige Eigenschaft, welche auf der Permeabilität des Bodens für Luft und Wärme beruht 1. dem Sande, wenn er gesättigt ist, 2. dem Thon, wenn er ein wenig ausgetrocknet ist (?), 3. immer und zum größten Theil den organischen Stoffen. Verf. knüpft hieran die Bemerkung, daß dieser Einfluß der organischen Substanzen auf die Verdunstung aus der Ackererde in Rücksicht auf die Landwirthschaft von hervorragender Bedeutung sei. Eine Erde, welche zu wenig von diesen Stoffen enthalte, trockne nicht schnell genug nach anhaltendem Regen aus; sie möge noch so reich an Nährstoffen sein, sie wird längere Zeit undurchdringlich für Wasser und Luft werden (sic!) und die Vegetation in ihr ein kümmerliches Dasein fristen, während bei genügender Menge von organischen Bestandtheilen die Erde porös und zugänglich für Luft und Wärme bleibe. Letztere Anschauung des Verf. ist geradezu absurd und widerspricht allen thatsächlichen Verhältnissen insofern, als bekanntlich die humusarmen Erden, wenn sie nicht übermäßige Mengen von Thon enthalten, leichter austrocknen als humusreiche. Letztere verdunsten allerdings mehr Wasser als erstere, sie enthalten aber auch viel mehr Wasser als jene und der größere Verdunstungsverlust ist nicht ausreichend, die Unterschiede in dem Wassergehalt aufzuheben. Indem Verf. nur die Verdunstung und die Hygroskopicität, nicht aber den Einfluß des inneren Baues des Bodens auf dessen Feuchtigkeitsverhältnisse genügend berücksichtigt, gelangt er zu manchen, den feststehenden Thatsachen widersprechenden Anschauungen. (D. Ref.)

2. Die Erden setzen, wenn ihre Oberfläche ein wenig abgetrocknet ist, der Verdunstung einen Widerstand entgegen, der groß genug ist, um in den darunter liegenden Schichten eine für das Bedürfniß der Pflanzen ausreichende Quantität Wasser zurückzuhalten. Sie verdanken diese wichtige Eigenschaft ihren Gemengtheilen, dem Kalk, dem Thon zum beträchtlichen Theil, dem Sand zum größten Theil. Die organische Substanz nimmt nur unmerklich an dieser Wirkung Theil (?), aber sie trägt durch ihre Hygroskopicität, welche größer ist als bei allen anderen Bodenbestandtheilen, mächtig zur Zurückhaltung des Wassers bei.

Einfluß der Hygroskopicität der Bodengemengtheile auf die Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes. Verf. weist zunächst darauf hin, daß die Hygroskopicität nicht allein zur Festhaltung einer bestimmten Menge des Regenwassers beitrage, sondern auch einen großen Einfluß auf die Condensation des Wasserdampfes aus der Atmosphäre ausübe. Diese



Condensation des Dampfes nehme Theil an der Erscheinung des Thaues, aber sie sei von diesem unabhängig, da die Körper lange bevor der Thau sich gebildet hat und während des Absatzes des letzteren und auch nachher noch Wasserdampf verdichteten. Diese Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes sei in landwirthschaftlicher Beziehung von außerordentlicher Wichtigkeit, da das abgesetzte Wasser eine Menge für die Vegetation wichtiger Substanzen aus der Atmosphäre enthalte (Ammoniak, Nitrate, Nitrite, Kohlensäure, Schwefelsäure, Sauerstoff etc.).

Um die Menge des condensirten Wasserdampfes festzustellen, verfuhr Verf. in folgender Weise. Bei den oben bezeichneten Bodenarten wurde im ziemlich trockenen Zustande derselben in dreißig hierzu geeigneten Nächten die Zu- und Abnahme des Gewichts derselben festgestellt. Es zeigte sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, daß das Gewicht der Böden vom Abend bis zum Sonnenaufgang zugenommen hatte. Die Größe dieser Zunahme diente als Maßstab für die Menge des condensirten Wassers. Ohne uns auf die vom Verf. an diese Beobachtungen geknüpften Betrachtungen näher einzulassen, führen wir hier wörtlich die aus denselben gezogenen Schlußfolgerungen an: 1. Die Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes auf der Oberfläche der Böden tritt ein, wenn der Boden kälter ist, als die Luft, und in Folge dessen in dem zweiten Theil der Nacht, aber sie kann sich auch einige Zeit nach dem Sonnenaufgange fortsetzen. 2. Sie hängt zunächst von der nächtlichen Erkaltung des Bodens ab, ebenso, wie der Thau, ferner von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, hauptsächlich aber von der Hygroskopicität der Materialien. 3. Sie kann auf den hygroskopischen Körpern stattfinden, selbst dann, wenn es auf den starren Körpern nicht gethaut hat; sie beginnt vor dem Thauen und setzt sich nach demselben fort. 4. Alle Bodenbestandtheile tragen zu der Erscheinung der Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes bei; die organischen Substanzen und der Thon nehmen hieran einen großen, der Sand einen bemerkenswerthen, der pulverförmige Kalk einen sehr geringen Antheil. 5. Die Quantität des durch die Ackererden vermöge ihrer Hygroskopicität verdichteten Dampfes ist eine sehr beträchtliche (sic!). Nach unseren Beobachtungen beträgt der Ueberschuß der Condensation während des zweiten Theils der Nacht über die Verdunstung während des ersten Abschnittes dieser Tageszeit im Mittel pro Nacht 1 gr für die Gartenerde, entsprechend einer Höhe von 0,12 mm (!). 6. Wir müssen, um vollständig zu sein, hinzufügen, daß die Verdichtung des Wasserdampfes aus der Atmosphäre sich zu allen, namentlich zu den regnerischen Zeiten zeigt. 7. Die Condensation des Wasserdampfes durch die Ackererde findet jedesmal statt, wenn der Boden kälter als die Luft ist, d. h. fast alle Tage gegen das Ende der Nacht. Es ist dies eine constante Erscheinung (?). Wenn man die niedergeschlagene Wassermenge zu 0,1 mm im Mittel des ganzen Jahres annimmt, so entspricht dieselbe 36,5 mm, welche die Atmosphäre jedes Jahr dem Boden liefert; es ist dies für denselben eine Quelle des Reichthums.

(Zu vorstehenden Sätzen hat Ref. zu bemerken, daß es seitens des Verf. ein Irrthum ist, wenn derselbe behauptet, daß das verdichtete Wasser im tropfbar flüssigem Zustande etwas anderes sei, als der Thau. Nach den Untersuchungen des Ref. ist letzterer kein Niederschlag aus der Luft, sondern eine Condensations-

form des Wassers[1]), und die Verdichtung des Wassers im Sinne des Verf. in der Mehrzahl der Fälle mit der Thaubildung identisch. Abgesehen hiervon ist die Menge des auf dem bezeichneten Wege verdichteten Wassers nach des Verf. eigenen Angaben, wie man bei unbefangener Beurtheilung wird zugeben müssen, so gering, daß man der zugeführten Wassermenge keine wesentliche Bedeutung auf die Vegetation wird beimessen können, um so weniger, als, entgegen den Behauptungen des Verf., der Boden nicht an allen Tagen des Jahres aus der Atmosphäre Wasser zu condensiren im Stande ist. Er ist hierzu nur dann fähig, wenn er oberflächlich abgetrocknet ist, während er im feuchten Zustande während der Nacht nicht allein kein Wasser verdichtet, sondern durch Verdunstung an seinem Wassergehalte Einbuße erleidet. Es ist daher unstatthaft, die an einigen Tagen festgestellten Mengen des verdichteten Wassers auf das ganze Jahr zu berechnen und es geht hieraus ohne Weiteres hervor, daß die für die jährliche Periode berechnete Quantität des durch die Ackererde verdichteten Wassers viel zu hoch ausgefallen ist. Berücksichtigt man ferner, daß dieses Wasser sehr bald nach Sonnenaufgang durch die Bestrahlung des Bodens in kürzester Frist wieder verdunstet wird, und daß es nur dann von den Pflanzen ausgenutzt werden kann, wenn es, was nicht immer der Fall ist, in den tropfbar flüssigen Zustand übergegangen ist, so wird man die Bedeutung, welche der Verf. der in Rede stehenden Wasserzufuhr beimißt, auf ein viel niedrigeres Maß veranschlagen müssen. Der Ref.)

Zum Schluß stellt Verf. die landwirthschaftlich wichtigen Eigenschaften der Bodenbestandtheile übersichtlich zusammen und knüpft hieran allgemeine Schlußfolgerungen für die landwirthschaftliche Praxis. Wir übergehen diesen Theil der Arbeit, weil derselbe neben vielen bekannten Thatsachen eine Reihe grober Irrthümer enthält, deren Widerlegung uns zu weit führen und in Rücksicht auf unsere, durch eine stattliche Anzahl exacter, dem Verf. allerdings, wie es scheint fremd gebliebener Beobachtungen gewonnenen Kenntnisse dem Leser dieser Zeitschrift wenig Interesse bieten würde. *E. W.*

***J. B. Lawes, J. H. Gilbert und R. Warington.* Die Drainwasser von bebautem und gedüngtem Lande.** Aus: On the amount and composition of the rain- and drainage waters collected at Rothamsted. Journ. of the royal agr. soc. of England. Vol. XVIII. Part. III and IV[2]) u. *Biedermann's* Centralblatt für Agrikulturchemie. 1882. Heft IX und X.

In der ersten Mittheilung über die Feldversuche in Rothamsted ist dargethan worden, daß eine beträchtliche Menge von dem in dem Dünger aufgebrachten Stickstoff in der Ernte nicht wiedererschien. Spätere Bestimmungen über die von dem Boden nach, längere Zeit fortgesetzten Düngungen zurückgehaltenen Stickstoffmengen lehrten, daß nur verhältnißmäßig ein kleiner Theil des fehlenden Stickstoffs sich in dem Boden vorfand. Es lag daher die Vermuthung nahe, daß ein beträchtlicher Theil des Stickstoffs in Form von Nitraten durch das Regenwasser ausgewaschen sein könnte. Eine ausgezeichnete Gelegenheit, die Richtigkeit dieser Annahme zu prüfen, boten die Experimente im Broadbalk-Felde, welches viele

[1]) Ueber Thaubildung und Thaumengen werden zu späterer Veröffentlichung bestimmte Versuche des Ref. Auskunft geben.

[2]) Vergl. die Referate über den I. u. II. Theil dieser Untersuchungen in dieser Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 112–127 und S. 234–245.



Jahre hindurch mit Weizen bestanden war, mit verschiedenen Düngemitteln gedüngt und mit einem vollständigen System von Drainzügen versehen worden war. Letztere lagen 2—2,5 Fuß tief in der Mitte der einzelnen Parcellen, welche lange Streifen bildeten. Das Drainwasser wurde von einer jeden Parcelle am Ende des Drainstranges gesondert aufgefangen. Die Untersuchungen, welche im Jahre 1866 begannen, zeigten anfangs mannigfache Uebelstände, welche namentlich dadurch hervorgerufen wurden, daß sich das bei starken Regengüssen oberflächlich abfließende Wasser den Drainwassern beimischte und daß eine Mischung der Drainwasser von Nachbarparcellen stattfand. Diesen Uebelständen wurde durch zweckentsprechende Vorrichtungen allmälig abgeholfen, aber erst im Februar 1879 war man so weit gekommen, daß eine Störung der Versuche nicht mehr zu befürchten war.

(Anm. des Ref. Trotz der getroffenen Vorsichtsmaßregeln war die Versuchsanordnung mit mannigfachen Mängeln behaftet, welche die erhaltenen Resultate in gewissen Beziehungen als nicht ganz zuverlässig, wenigstens nicht als durchaus vergleichbar erscheinen lassen. Das Versuchsfeld besaß nämlich eine nach verschiedenen Richtungen geneigte und deshalb mehr oder weniger windschiefe Fläche. Die atmosphärischen Niederschläge konnten demgemäß den Boden nicht gleichmäßig durchfeuchten und die den Vegetationsverhältnissen entsprechenden Sickerwassermengen liefern. Daß hierdurch in der That ein wesentlicher Fehler in die Beobachtungen gebracht wurde, ergiebt sich aus der Thatsache, daß diejenigen Parcellen, welche die höchsten Erträge lieferten, nicht die geringste Zahl von Tagen, an welchen die Drainzüge Wasser lieferten, aufwiesen und umgekehrt[1]). Nach den Untersuchungen des Ref.[2]) und der Verf. selbst[3]) kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Sickerwassermenge, und die Zahl der Tage, an welchen die Drainstränge Wasser geben, in dem Grade geringer wird, als die Pflanzen sich üppiger entwickeln, weil in dem gleichen Maße die Austrocknung des Bodens zunimmt und dementsprechend eine größere Menge von Wasser zur Wiederanfeuchtung des Bodens nothwendig wird. Die diesen Gesetzmäßigkeiten zum großen Theil widersprechenden Resultate in den vorliegenden Versuchen lassen deutlich erkennen, daß durch die eigenthümliche Configuration des Terrains die atmosphärischen Niederschläge verschieden vertheilt wurden und die Drainwassermengen daher nicht vollkommen vergleichbar sind. Berücksichtigt man ferner, daß die mechanische Beschaffenheit des Untergrundes, von welcher die Absickerung des Wassers in die Tiefe abhängig ist, wahrscheinlich keine ganz gleichmäßige an den verschiedenen Stellen des Feldes war, so wird man in diesen Verhältnissen einen weiteren Grund für die Richtigkeit obiger Behauptung bezüglich der Zuverlässigkeit der aus der in Rede stehenden Versuchen hervorgehenden Daten finden müssen. Exakte Resultate hätten sich nur in dem Falle gewinnen lassen, wenn entweder ein vollständig ebenes Feld gewählt worden wäre oder die Versuche in Lysimetern, bei welchen sich die Bodenverhältnisse möglichst gleichmäßig gestalten lassen, ausgeführt worden wären.)

[1]) Leider geben die Verf. keine Zahlen über die Mengen der Drainwasser, weshalb hierfür nur die Zahl der Tage, an welchen Wasser aus den Strängen abfloß, als Maßstab dienen kann.

[2]) Vergl. *E. Wollny*. Diese Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 103—109.

[3]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. I. 1878. S. 298.



Ueber die Düngung und über die während der letzten 15 Jahre (1867—1881) erhaltenen Erträge giebt die folgende Tabelle Auskunft.

Parcelle.	Düngung per Acre.	Ertrag[8]) per Acre Körner. Buschels.	Körner. Stroh. ℔
2	14 Tonnen Stallmist	$31^{1}/_{2}$	5304
3 u. 4	Ungedüngt	$11^{1}/_{4}$	1726
5	792 ℔ Mineraldüngergemisch[1])	$12^{3}/_{4}$	1984
6	» » + 200 ℔ Ammonsalze[2])	$20^{1}/_{4}$	3348
7	» » + 400 » »	$28^{1}/_{8}$	5013
8	» » + 600 » »	$33^{1}/_{8}$	6219
9a	» » + 550 » Natronsalpeter	$36^{1}/_{4}$	6920
9b	550 ℔ Natronsalpeter	$20^{1}/_{4}$	3587
10	400 ℔ Ammonsalze	18	2904
11	» » + 392 ℔ Superphosphat	$22^{1}/_{4}$	3716
12	» » » » + 366 ℔ schwefels. Natron	$26^{1}/_{2}$	4493
13	» » » » + 200 » » Kali . .	$28^{3}/_{8}$	4964
14	» » » » + 280 » » Magnesia	$27^{7}/_{8}$	4716
15[3])	» » + 392 ℔ Mineraldüngergemisch	$28^{1}/_{2}$	4826
16[4])	Ungedüngt	$13^{3}/_{8}$	2131
17	392 ℔ Mineraldüngergemisch[5])	$13^{1}/_{4}$	2090
18	400 ℔ Ammonsalze[5])	27	4619
19[6])	1700 Rapskuchen[7])	$25^{1}/_{4}$	4025.

Die Mengen von Nährstoffen in Pfunden, welche die einzelnen Parcellen jährlich von 1858—1881 per Acre erhielten, weisen die folgenden Zahlen nach:

	Parcelle. 2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kali	235	100	100	100	100	50	—	—	—	100	—
Natron	31	41	41	41	41	212	—	1	147	1	1
Kalk	31	86	86	86	86	43	—	86	86	86	86
Magnesia	35	18	18	18	18	9	—	2	2	2	47
Phosphorsäure	78	64	64	64	64	32	—	64	64	64	64
Schwefelsäure	47	265	321	376	432	132	111	208	397	292	298
Chlor	38	—	60	119	179	7	119	119	119	119	119
Stickstoff	201	—	43	86	129	86	86	86	86	86	86

[1]) Das Mineraldüngergemisch bestand aus 392 Pfund Knochenaschesuperphosphat, 200 Pfund schwefels. Kali, 100 Pfund schwefels. Natron und 100 Pfund schwefels. Magnesia.

[2]) Das Ammoniaksalz ist eine Mischung aus gleichen Theilen schwefels. Ammoniak und Chlorammonium.

[3]) Bis zum Jahre 1872 wurden auf der einen Hälfte der Parcelle 400 Pfund schwefels. Ammoniak, auf der anderen 300 Pfund von diesem Salze und 500 Pfund Rapskuchen, und auf beiden Hälften Mineraldünger angewandt.

[4]) Von 1852 bis 1867 erhielt diese Parcelle 800 Pfund Ammonsalze mit Mineraldünger.

[5]) Die Düngungen wechselten jedes Jahr mit einander.

[6]) Bis zum Jahre 1878 erhielt diese Parcelle 300 Pfund schwefels. Ammoniak, 500 Pf. Rapskuchen und Superphosphat, welches mit Salzsäure aufgeschlossen worden war.

[7]) 1700 Pfund Rapskuchen enthalten etwa dieselbe Menge Stickstoff wie 400 Pfund Ammonsalze und 550 Pfund Natronsalpeter.

[8]) Die Parcellen 17—19 sind erst vom November 1878 an für die vorliegenden Versuche benutzt worden.

	Parcelle. 15		17	18	19	
	1859–1872	1873–1881	Ammonsalze	Mineral-Dünger	1859–78	1879–81
Kali	103	100	—	100	—	21
Natron	41	41	—	41	1	3
Kalk	88	86	—	86	86	12
Magnesia	20	18	—	18	2	12
Phosphorsäure	69	64	—	64	64	33
Schwefelsäure	363	376	111	265	167	5
Chlor	68	119	119	—	68	—
Stickstoff	80	86	86	—	83	81.

Der Stallmist und die Mineraldünger wurden im Herbst vor der Saat angewendet; dasselbe gilt vom Ammoniaksalz für die Jahre 1866—1871. Auf Parcelle 15 wurde von 1873—1877 letzteres Düngemittel im Frühjahr gegeben, auf den anderen im Herbst. Seit dieser Zeit hat bezeichnete Parcelle das Ammoniaksalz im Herbst, die übrigen dasselbe im Frühjahr erhalten. Der Natronsalpeter wurde stets im Frühjahr als Kopfdünger ausgestreut.

Das Drainwasser bestand lediglich aus Sickerwasser, ohne Beimengung von Untergrundwasser. Während des Sommers, so lange der Boden mit Vegetation bedeckt war, war die Drainage sehr schwach, dieselbe wurde reichlicher im Oktober und erreichte ihre größte Stärke im December und Januar. Dies geht deutlich aus folgender Tabelle hervor, in welcher die Zahl von Tagen angegeben ist, an welchen die Drains Wasser lieferten.

	15 Jahre 1867—1881			
Parcelle.	April bis September.	Oktober bis März.	Total.	Mittel pro Jahr.
2	10	62	72	5
3 u. 4	49	178	227	15
5	55	200	256	17
6	50	215	265	18
7	37	181	218	15
8	31	171	202	13
9	33	157	190	13
10	38	161	199	13
11	46	193	239	16
12	41	194	235	16
13	38	192	230	15
14	26	122	148	10
15	24	118	142	9
16	27	113	140	9.

Wie man sieht, war die Drainage außerordentlich schwach, wahrscheinlich wegen der geringen Tieflage der Stränge. Hinsichtlich des Einflusses des Pflanzenstandes auf die Absickerung des Wassers lassen sich keine Gesetzmäßigkeiten bestimmen. Die auffallend schwache Drainage auf Parcelle 2 ist auf die starke Stallmistdüngung zurückzuführen, durch welche eine Anhäufung von organischen Substanzen im Boden hervorgerufen und damit die Wasserkapacität des letzteren erhöht wurde.

Die Zusammensetzung der Drainwasser.

In Rücksicht darauf, daß der relative Gehalt der Wässer an Nährstoffen nicht, wie bereits bei früherer Gelegenheit angeführt wurde, zur Beurtheilung der Erschöpfung des Bodens durch die Drainage herangezogen werden kann, seien an dieser Stelle nur die wichtigsten Sätze aus diesem, mit zahlreichen Tabellen versehenen Kapitel des Originals hervorgehoben.

Es zeigte sich zunächst, daß die Sickerwasser bei starkem Fließen der Drains nach anhaltendem und ergiebigem Regen einen relativ geringen Gehalt an gelösten Substanzen besitzen, weil dieselben unter solchen Verhältnissen mit Oberflächenwasser gemischt sind, welches durch die kleinen Kanäle rasch durch den Boden rinnt. Bei mäßigem Regen besitzt das Drainwasser einen höheren Gehalt an gelösten Stoffen, da der Zufluß von der Oberfläche hier geringer ist. Weiters stellte sich heraus, daß am Ende des Fließens der Gehalt der Wässer an löslichen Salzen zunimmt, wenn letztere durch den Boden genügend gleichmäßig vertheilt sind, der Gehalt nimmt jedoch in dem Falle ab, wo kurz vor dem Fließen der Stränge lösliche Düngemittel dem Boden zugeführt wurden. Die Drainwasser von den beiden ungedüngten Parcellen weisen den geringsten Gehalt auf.

Bezüglich der Zusammensetzung der Drainwasser ergab sich, daß die Kalksalze, vornehmlich deren Karbonate die Hauptbestandtheile des festen Rückstandes bilden. Das Wasser von der mit Mineralsalzen allein gedüngten Parcelle (5) besitzt gleichwie dasjenige von den ungedüngten Parcellen nur wenig feste Bestandtheile, die hauptsächlich aus schwefelsaurem Kalk und schwefelsaurem Natron bestehen. Werden dem Boden Ammoniaksalze gegeben, so wächst die Menge der mit dem Drainwasser fortgeführten Substanzen bedeutend (Parcelle 6—8, 10—15), und zwar steigt sie mit der Quantität des angewendeten Ammoniaksalzes (Parcelle 6—8); die Rückstände bestehen der Hauptsache nach aus salpetersaurem Kalk und Chlorcalcium. Der Natronsalpeter (Parcelle 9) bewirkt augenscheinlich keine Vermehrung des Kalkverlustes. Den größten Einfluß bei Entfernung des Kalkes üben das schwefelsaure Kali (Parcelle 13) und die schwefelsaure Magnesia (Parcelle 14) aus. Die Basen dieser beiden Salze werden vom Boden energisch zurückgehalten, während die Schwefelsäure mit dem Kalk in Verbindung tritt und denselben in das Drainwasser führt. Das von der mit Stallmist gedüngten Parcelle 2 abfließende Drainwasser ist verhältnißmäßig wenig gehaltreich und führt nach *Völcker's* Untersuchungen hauptsächlich Sulfate. Eine Vermehrung der Magnesia des Drainwassers durch Magnesiadüngung findet zwar statt, sie ist jedoch unbedeutend. Im Allgemeinen war der Verlust an Kalk und Magnesia durch die Drainage weit beträchtlicher, als die in dem Mineraldüngergemisch gegebene Menge Kalk und Magnesia. Phosphorsäure ist in den Drainwassern nur in sehr geringer Menge vorhanden. Aehnliches gilt vom Kali. Natron erscheint in erheblicher Menge im Drainwasser, wenn mit schwefelsaurem Natron, in noch größerer Menge, wenn mit Natronsalpeter gedüngt wird. Was die übrigen Bestandtheile betrifft, so erweisen sich die Drainwasser am reichsten an Chlor kurz nach der Anwendung der Düngemittel, namentlich der Ammoniaksalze. Von da ab nimmt der Gehalt an Chlor, wenn auch nicht gleichmäßig, bis zur nächsten Düngung ab. Die Nitrate sind im Allgemeinen auf dem bebauten Versuchsfelde in geringer Menge vorhanden, da der größte Theil derselben von den Pflanzen assimilirt wird.

Wichtig für die Theorie der Brache ist die aus diesen Untersuchungen hervorgehende Thatsache, daß der Verlust an Stickstoff durch die Drainage auf dem brachliegenden Felde bedeutend größer ist, als auf dem mit Pflanzen bestandenen. Im ersteren Falle enthielt das Drainwasser im Mittel 10,7 Theile Stickstoff in Form von Salpetersäure, im letzteren nur 3,9—4,5 Theile (auf 1 Million). Die Assimilation der im Boden sich bildenden Nitrate durch den Weizen geht so vollständig vor sich, daß während der Periode des lebhaftesten Pflanzenwuchses und noch einige Zeit danach in dem Drainwasser mehrerer Parcellen des Versuchsfeldes keine oder nur eine sehr geringfügige Menge Nitrate aufgefunden werden konnte.

Die Jahreszeit und der Pflanzenwuchs üben auf die Menge der in den Drainwassern auftretenden Stoffe ebenfalls einen wichtigen Einfluß aus. Da das Ammoniak in dem feuchten Boden schnell nitrificirt wird und der Boden zur Zeit der Düngung, im Herbst oder Frühjahr mit keiner bez. schwacher Vegetation bedeckt ist, so besitzen die Drainwasser kurze Zeit nach Anwendung der Ammoniaksalze den höchsten Salpetersäuregehalt. Die relativ größte Menge Stickstoff während aller 4 Jahreszeiten enthalten die Wasser von Parcelle 8, 9 und 10. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen: Parcelle 8 erhält eine so starke Ammoniakdüngung, wie sie vom Weizen nicht benöthigt wird; der Stickstoff der Salpeterdüngung auf Parcelle 9 unterliegt einer stärkeren Auswaschung als derjenige der Ammoniakdüngung, weil der Boden für Salpetersäure kein Absorptionsvermögen besitzt und diese mit der Düngung fertig gebildet in den Boden gelangt; die Düngung mit Ammoniaksalzen allein auf Parcelle 10 erzeugt nur schwachen Pflanzenwuchs und vermehrt in Folge dessen indirekt den Nitratverlust durch Drainage. Hinsichtlich des Ammoniak haben die in Rede stehenden Versuche dargethan, daß dessen Menge in dem Drainwasser, mit seltenen Ausnahmen verschwindend klein ist. Der Boden besitzt für Ammoniak ein starkes Bindungsvermögen, nur muß derselbe Basen, namentlich Kalk in genügender Menge enthalten, welche sich mit den Säuren der Ammoniaksalze vereinigen können.

Die Größe des Stickstoffverlustes durch die Drainage.

Auf die Fragen erstens wie hoch der Stickstoffverlust durch die Drainage auf den einzelnen Parcellen sich stellt und zweitens, ob die ganze Menge des mit der Düngung gegebenen Stickstoffs, welche in den Ernten nicht wieder erschienen ist, sich mit dem Stickstoffverlust durch Drainage deckt, konnten auf Grund der Versuche auf dem Broadbalk-Weizenfelde exacte Antworten nicht gegeben werden, da keine Mittel vorhanden waren, die Gesammtdrainwassermenge von dem Felde zu messen(?) Um die Höhe des Stickstoffverlustes annähernd taxiren zu können, haben Verf. die Drainwassermengen ihren Rechnungen zu Grunde gelegt, welche die Lysimeter[1]) von 60 Zoll Tiefe auf brachliegendem Boden zu gleicher Zeit geliefert haben.

(Anm. des Ref. Das vorbezeichnete Verfahren ist in mehrfacher Beziehung fehlerhaft und die nach demselben berechneten und weiter unten angeführten Zahlen können auf Zuverlässigkeit keinen besonderen Anspruch erheben, und höchstens nur als annähernde Werthe bezeichnet werden, da einmal die Sicker-

[1]) Vergl. das Referat in dieser Zeitschrift. 1882. Bd. V. Heft 3/4. S. 234 u. ff.



wassermengen aus einem brachliegenden Boden, sowohl während der Vegetationszeit, als auch nachher sich ganz anders gestalten, wie aus einem mit Pflanzen bestandenen Boden[1]), und zweitens, die Sickerwassermengen unter natürlichen Verhältnissen verschieden sind, je nachdem die Pflanzen sich entwickelt haben[2]). Da nun die Brache stets viel größere Mengen von Sickerwasser liefert, als der bebaute Boden, so mußte, abgesehen von den bereits Eingangs dieses Referates hervorgehobenen Mängeln in der Versuchsanordnung, der nach bezeichnetem Verfahren berechnete Nährstoffverlust durch die Drainage zu hoch ausfallen; da ferner ein und dieselbe Drainwassermenge für alle Parcellen gleichmäßig in Anschlag gebracht wurde, in Wirklichkeit dieselbe aber, wie angegeben, auf den verschiedenen Parcellen sehr verschieden sein mußte, so können die berechneten Zahlen auch aus diesem Grunde kein vollständig zutreffendes Bild von den fraglichen Verhältnissen liefern, und zwar am wenigsten von denjenigen Parcellen, auf welchen die höchsten Erträge erzielt wurden, weil hier die geringsten Drainwassermengen geliefert wurden. Es ist nicht einzusehen, warum die Verff., um vorstehend bezeichneten wesentlichen Mängeln aus dem Wege zu gehen, nicht die aus jedem Strang abfließenden Wassermengen direkt gemessen haben.)

Die Verff. haben zunächst unter Benützung der Daten des Drainmessers für die meisten Parcellen des Versuchsfeldes die Stickstoffmengen berechnet, welche in den Jahren 1879/80 und 1880/81 durch die Drainage verloren gegangen sind. Während dieser Jahre sind die Drainwasser ohne Unterbrechung analysirt worden.

Die Ergebnisse dieser Rechnung befinden sich in nebenstehender Tabelle, in welcher gleichzeitig der Mehrverlust an Stickstoff der mit Stickstoff gedüngten Parcellen über den Verlust der nur mit Mineralsalzen gedüngten Parcelle 5 angegeben ist.

Die beiden Jahrgänge zeigen, worauf die Verff. zunächst die Aufmerksamkeit lenken, hinsichtlich der Vertheilung des Drainwassers einige Verschiedenheiten. Nach den der Tabelle unten angefügten Zahlen für die Drainwasserhöhen fällt im Jahre 1879/80 die stärkste Drainage in die Zeit von der Frühjahrssaat bis zur Ernte, im Jahre 1880/81 in die Zeit von der Ernte bis zur Frühjahrssaat. Demgemäß ist der Nitratverlust durch die Drainage 1879/80 am erheblichsten im Sommer, 1880/81 am größten im Winter.

Was nun die Menge der im Drainwasser weggeführten Nitrate auf den einzelnen Parcellen betrifft, so ergiebt sich für die ungedüngten Parcellen 3, 4 und 16 ein Stickstoffverlust von 15—16,5 Pfd. per Acre und Jahr, und für die mit Mineralsalzen allein gedüngten Parcelle 5 ein solcher von 17 Pfd. Dieser Stickstoffverlust von bebautem Lande ist verhältnißmäßig hoch, und ist hauptsächlich durch die nasse Witterung in den beiden Jahrgängen veranlaßt worden. Weit höher noch als auf diesen Parcellen stellt sich der Nitratverlust auf den mit Stickstoffdüngung versehenen Parcellen. Derselbe steigt mit der Quantität des als Düngung angewendeten Ammoniaksalzes (Parcelle 6, 7 und 8) und ist höher, wenn neben der Ammoniakdüngung eine nur unvollständige Mineraldüngung gegeben wird (Parcelle 11, 12, 13 gegen 7) und erreicht eine außergewöhnliche Höhe, wenn

[1]) *E. Wollny.* Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin 1877. S. 137—169.

[2]) *E. Wollny.* Diese Zeitschrift. 1881. Bd. IV. S. 103 u. ff.



Englische Pfund per Acre.

No. der Parcelle	Düngung.	1879/80 Taxirter Gesammtverlust: Frühjahrssaat bis zur Ernte	1879/80 Taxirter Gesammtverlust: Ernte bis zur Frühjahrssaat	1879/80 Taxirter Gesammtverlust: Während aller 12 Monate	1879/80 Verlust größer oder kleiner (—) als auf Parc. 5: Frühjahrssaat bis zur Ernte	1879/80 Verlust größer oder kleiner (—) als auf Parc. 5: Ernte bis zur Frühjahrssaat	1879/80 Verlust größer oder kleiner (—) als auf Parc. 5: Während aller 12 Monate	1880/81 Taxirter Gesammtverlust: Frühjahrssaat bis zur Ernte	1880/81 Taxirter Gesammtverlust: Ernte bis zur Frühjahrssaat	1880/81 Taxirter Gesammtverlust: Während aller 12 Monate	1880/81 Verlust größer oder kleiner (—) als auf Parc. 5: Frühjahrssaat bis zur Ernte	1880/81 Verlust größer oder kleiner (—) als auf Parc. 5: Ernte bis zur Frühjahrssaat	1880/81 Verlust größer oder kleiner (—) als auf Parc. 5: Während aller 12 Monate	Mittel pro Jahr: Im Gesammt	Mittel pro Jahr: Mehr oder weniger (—) als auf Parc. 5
3—4	Ungedüngt	1,74	10,82	12,56	0,18	-2,50	-2,32	0,58	17,13	17,71	-0,16	-0,60	-0,76	14,94	-1,74
5	Mineraldünger	1,56	13,32	14,88	—	—	—	0,74	17,73	18,47	—	—	—	16,68	—
6	» + 200 ℔ Ammoniaksalz	10,12	12,56	22,68	8,56	-0,76	7,80	2,25	19,81	22,06	1,51	2,08	3,59	22,37	5,69
7	» + 400 » »	18,31	12,63	30,94	16,75	-0,69	16,06	4,29	21,38	25,67	3,55	3,65	7,20	28,31	11,63
8	» + 600 » »	24,95	17,55	42,50	23,39	4,23	27,62	8,70	33,81	42,51	7,96	16,08	24,04	42,50	25,82
9a 9b	» + 550 » Natronsalpeter 550 ℔ Natronsalpeter.	44,99	15,61	60,60	43,43	2,29	45,72	15,03	40,90	56,02	14,29	23,26	37,55	58,31	41,63
10	Ammoniaksalz	42,87	14,35	57,22	41,31	1,03	42,34	7,38	35,24	42,62	6,64	17,51	24,15	49,92	33,24
11	» + Superphosph.	28,29	17,75	46,04	26,73	4,43	31,16	3,37	29,57	32,94	2,63	11,84	14,47	39,49	22,81
12	» + » + schwefels. Natron	21,25	17,54	38,77	19,67	4,22	23,89	3,32	27,17	30,49	2,58	9,44	12,02	34,63	17,95
13	» + » + » Kali	19,01	16,43	35,44	17,45	3,11	20,56	3,68	25,33	29,01	2,94	7,60	10,54	32,23	15,55
14	» + » + » Magnesia	25,99	16,85	42,84	24,43	3,53	27,96	4,25	25,94	30,19	3,51	8,21	11,72	36,51	19,83
15	» + Mineraldünger	9,62	59,92	69,54	8,06	46,60	54,66	3,40	74,94	73,34	2,66	57,21	59,87	73,94	57,26
16	Ungedüngt	1,61	12,63	14,24	0,05	-0,69	-0,64	0,76	17,86	18,62	0,02	0,13	0,15	16,43	-0,25
	Drainage im Drainmesser Zoll:	11,1	4,7	15,8	—	—	—	1,8	18,8	20,6	—	—	—	—	—

mit Ammoniaksalzen allein gedüngt wird (Parcelle 10). Düngung mit Salpeter verursacht einen noch größeren Stickstoffverlust als Düngung mit der äquivalenten Menge Ammoniaksalz (9). Werden die Ammoniaksalze nicht im Frühjahr, sondern im Herbst (Parcelle 15) dem Boden einverleibt, so geht der größte Theil ihres Stickstoffs schon während des nächsten Winters mit dem Drainwasser verloren. Der Stickstoffverlust der Parcelle 15 ist der höchste.

Die Verff. haben ferner das dreißigjährige Mittel (1851/52 bis 1880/81) der mit dem Drainwasser von den einzelnen Versuchsparcellen weggeführten Stickstoffmengen berechnet. Als Grundlage dieser Rechnung dienten für die letzten 11 Jahre die Drainwasserquantitäten, welche der 60 Zoll tiefe Lysimeter angegeben hatte; für die früheren Jahre sind die Drainwassermengen aus den Regenhöhen jener Zeit abgeleitet worden. Die nachstehende Tabelle enthält ferner die Stickstoffmengen, welche mit der Düngung gegeben wurden, sowie diejenigen, welche in der Durchschnittsernte enthalten waren.

Pfund per Acre und Jahr.

Nummer der Parcellen	In der Düngung	In der Ernte	In der Drainage	In Ernte und Drainage	In Ernte und Drainage mehr oder weniger als in der Düngung
3 u. 4	0	12	15	27	+27
5	0	16	17	33	+33
6	44	27	22	49	+ 5
7	88	40	28	68	-20
8	132	49	43	92	-40
9	86	32	58	90	+ 4
10	88	14	50	64	-24
11	88	29	39	68	-20
12	88	32	35	67	-21
13	88	38	32	70	-18
14	88	37	37	74	-14
15	88	32	74	106	+18
16	0	14	16	30	+30

Es resultirt aus der Tabelle, daß bei Anwendung von Ammoniaksalz im Verein mit vollständiger Mineraldüngung die größte Menge Stickstoff in der Ernte, die geringste in der Drainage enthalten ist (Parcelle 6), während bei Anwendung der gleichen Menge Ammoniaksalz ohne Mineraldüngung das Umgekehrte stattfindet (Parcelle 10). Die angeführten Zahlen für die mit Ammoniak- und verschiedener Mineraldüngung versehenen Parcellen (11—15) lassen erkennen, daß je höher die Stickstoffmengen in den Ernten ansteigen, desto mehr die Summen des Ernte- und Drainagestickstoffs sich den mit der Düngung gegebenen Stickstoffmengen nähern. Bei Düngung mit Natronsalpeter ist die Größe des Stickstoffverlustes durch Drainage beträchtlicher als bei Anwendung der äquivalenten Menge Ammoniaksalz (Parcelle 9 und 7); in den Ernten sind die Stickstoffmengen dieser beiden Parcellen gleich. Ein Mehr an Stickstoff als in der Düngung gegeben, erscheint in Ernte plus Drainage nur nach Anwendung der niedrigsten Ammoniakdüngung im Verein mit den Mineralsalzen (Parcelle 6); bei den stärkeren Am-

moniakgaben zeigt sich ein steigendes Deficit (Parcelle 7 und 8). Im Allgemeinen hat mithin in Ernte plus Drainage weniger Stickstoff aufgefunden werden können, als mit der Düngung gegeben worden ist. Dem Boden wird aber nicht allein mit der Düngung Stickstoff zugeführt, sondern auch mit dem Samen der Gewächse, mit dem Regenwasser und durch direkte Condensation aus der Atmosphäre. Es entsteht also die Frage, wo all' der fehlende Stickstoff bleibt.

Um den Bestand des Bodens an Stickstoff kennen zu lernen, haben die Verff. im Herbst 1865 die obersten 9 Zoll starken Bodenschichten und im Herbst 1881 die 21 Zoll tiefen Schichten der Versuchsparcellen auf ihren Stickstoffgehalt untersucht, und sind zu dem Resultat gekommen, daß bei einer durchschnittlichen Düngung mit 400 Pfd. Ammoniaksalzen per Acre ungefähr $^1/_3$ des in der Ernte plus Drainage nicht aufgefundenen Stickstoffs im Boden enthalten ist. Das Fehlen der übrigen $^2/_3$ kann entweder in der Weise erklärt werden, daß die Drainagestickstoffmengen zu niedrig taxirt werden — und die Verff. glauben einen Theil des Deficits auf Rechnung zu niedriger (?) Schätzung setzen zu sollen, — oder daß noch andere Quellen für den Stickstoffverlust im Boden existiren. In letzterer Hinsicht ist bereits von *Reiset*, *Boussingault*, *Ville*, sowie auch in Rothamsted die Beobachtung gemacht worden, daß bei der Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Substanz gasförmiger Stickstoff entbunden wird. Auf der Stalldüngerparcelle ist ein Stickstoffverlust durch Entstehen freien Stickstoffs jedenfalls anzunehmen, auf den übrigen Parcellen kann jedoch ein derartiger Verlust, falls er überhaupt auftritt, nur verschwindend klein sein. Die ungezwungenste Erklärung für Entstehung des Stickstoffdeficits bietet ohne Zweifel die Annahme, daß ein Theil des Stickstoffs nicht in die Drains gelangt, sondern in die tieferen Bodenschichten verschwunden ist.

Schlußfolgerungen.

1) Das einen natürlichen Boden passirende Drainwasser ist von zweierlei Art: 1. Oberflächenwasser, welches durch offene Kanäle in die Tiefe gelangt, 2. Abflußwasser von gesättigtem Boden. Das erste ist viel schwächer als das zweite, ausgenommen, wenn lösliche Dungmittel kurz vorher auf die Bodenoberfläche gegeben worden sind.

2) Der durch die Drainage herbeigeführte jährliche Verlust an Kalk und Magnesia von einem dauernd ungedüngt gebliebenen Weizenfeld beträgt ca. 223 Pfd., bei Düngung mit 400 Pfd. Ammoniaksalz ist derselbe gleich 389 Pfd. per Acre. Werden Sulfate von Natrium, Kalium und Magnesium beigefügt, so ist der Verlust noch größer, und zwar üben die beiden letztgenannten Salze den stärksten Einfluß aus. Natronsalpeter erhöht den Kalkverlust nicht wesentlich.

3) Das mit dem Dünger gegebene Chlor und Natron werden nur in geringer Menge zurückgehalten, entweder von dem Weizen oder von dem Boden; Schwefelsäure wird in etwas stärkerem Grade fixirt. Phosphorsäure und Kali werden vollständig zurückgehalten, der von den Pflanzen nicht assimilirte Theil derselben durch den Boden, hauptsächlich in den oberen Schichten. Dies letztere gilt besonders von der Phosphorsäure.

4) Die Menge der durch die Drainage von einem ungedüngten, mit Weizen bebauten Lande weggeführten Nitrate ist weit geringer als der Verlust eines unbebauten Landes, weil die Pflanzen die gebildeten Nitrate assimiliren. Im Sommer

enthalten die Drainwasser wenig oder keine Nitrate, erst nach der Ernte erscheinen dieselben und sind während des ganzen Winters in den Drainwassern zu finden.

5) Bei einer Düngung des Landes mit Ammoniaksalzen wird das Ammoniak zuerst von dem Boden zurückgehalten, während das Chlor und die Schwefelsäure, zum größten Theil an Kalk gebunden, in die Drainwasser übergehen.

6) Die Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure beginnt fast unmittelbar nach der Anwendung der Ammoniaksalze in einem feuchten Boden und ist in wenig Wochen beendet, wenn das feuchte Wetter anhält. Der Stickstoff der Rapskuchen wird langsamer in Salpetersäure übergeführt.

7) Die Drainwasser von mit Ammoniaksalzen gedüngtem Boden sind kurz nach deren Anwendung am reichsten an Nitraten. Bei einer Düngung mit 400 Pfd. Ammoniaksalz per Acre im März besaß das Aprildrainwasser im Durchschnitt 6,7 Pfd. (= 42,8 Pfd. Natronsalpeter) per Zoll Drainage.

8) Bei Anwendung einer äquivalenten Menge Stickstoff in Form von Natronsalpeter zu derselben Zeit enthielten die Drainwasser des April 11,8 Pfd. Stickstoff (= 75,6 Pfd. Natronsalpeter) per Zoll Drainage.

9) Im Sommer enthalten die Drainwasser von Ackerflächen, die mit 200 bis 400 Pfd. Ammoniaksalzen gedüngt worden, wenig oder keine Nitrate, wenn Phosphate und Kali gleichzeitig gegeben werden, aber bei einem Ueberschuß von Ammoniaksalzen oder einem Fehlen von Mineralstoffen werden die gebildeten Nitrate nur unvollkommen von den Pflanzen assimilirt und erscheinen dann im Drainwasser.

10) Im Winter zeigen die Drainwasser aller Ackerflächen nahezu gleiche Zusammensetzung.

11) Nimmt man das Mittel von zwei Jahren außergewöhnlich starker Drainage, in welchen die Wasser aus den Drainröhren des Versuchs-Weizenfeldes unausgesetzt untersucht worden sind, so beträgt nach Schätzung der Stickstoffverlust auf Plätzen, welche mehrere Jahre keine Stickstoffdüngung erhalten haben 15—17 Pfd. per Acre und Jahr. Fast derselbe Stickstoffverlust tritt im Laufe eines Jahres ein bei unbebautem oder mit nur geringer Vegetation bedecktem Lande.

12) Bei einer Frühjahrsdüngung mit 44, 88 und 132 Pfd. Stickstoff als Ammoniaksalz ergab sich ein Verlust von 22, 28 und 42 Pfd. Stickstoff per Acre und Jahr. Bei Anwendung von 88 Pfd. Stickstoff als Ammoniaksalz ohne oder mit Beigabe von Mineraldüngern, stieg der Verlust von 28 Pfd. (bei der stärksten Mineraldüngung) bis auf 50 Pfd. (ohne jede Mineraldüngung während mehrerer Jahre). Der Verlust war desto erheblicher, je größer der Mangel an disponiblem Kali und Phosphorsäure war. Bei Düngung mit Natronsalpeter im Frühjahr stellte sich der Verlust höher als bei Düngung mit Ammoniaksalzen, noch größer war derselbe bei Anwendung von Ammoniaksalzen im Herbst.

13) Im Durchschnitt von 30 Jahren betrug der Verlust durch die Drainage nach Schätzung 10—12 Pfd. per Acre und Jahr, wenn keine Stickstoffdüngung gegeben wurde. Bei einer Düngung mit 43, 86 und 129 Pfd. Stickstoff als Ammoniaksalz, welches in den meisten Jahren im Herbst ausgestreut wurde, wurde der Verlust auf 19, 31 und 42 Pfd. geschätzt und bei Anwendung von 86 Pfd. Stickstoff ohne oder mit verschiedenen Quantitäten Mineraldünger schwankte der



taxirte Verlust 31 Pfd. (bei Zugabe der stärksten Mineraldüngung) bis 43,2 Pfd. (bei Düngung mit Ammoniaksalzen allein).

14) Im Durchschnitt von 30 Jahren wurde nicht ganz ein Drittel des als Düngung gegebenen Stickstoffs in der Ernte wiedergefunden, wenn günstige Düngungs- und Wachsthumsverhältnisse vorhanden waren, und noch sehr viel weniger bei Mangel an Kali und Phosphorsäure und dadurch bedingter schwacher Vegetation.

15) Bei Anwendung von 400 Pfd. Ammoniaksalz und der stärksten Mineraldüngung fand sich in der Ernte die größte und in der Drainage die geringste Stickstoffmenge vor, bei Düngung mit Ammoniaksalzen allein besaß die Ernte die geringste, die Drainage die größte Stickstoffmenge.

16) Nur nach Anwendung der schwächsten Ammoniakdüngung betrug die Menge des Stickstoffs in Ernte plus Drainage mehr als in dem Dünger vorhanden war; in allen anderen Fällen war ein größeres oder geringeres Deficit vorhanden. Außer dem mit dem Dünger gegebenen Stickstoff (welcher nicht vollständig in Ernte und Drainage wiedergefunden wurde) werden nach Schätzung im Durchschnitt ungefähr 30 Pfd. per Acre und Jahr dem Boden mit dem Regenwasser und durch Kondensation des gebundenen Stickstoffs der Atmosphäre zugeführt, und zwar in den ersten Jahren wahrscheinlich mehr als in den letzten.

17) Analysen der Böden von verschiedenen Plätzen, die zu verschiedenen Zeiten ausgeführt wurden, zeigten, daß die Menge des Stickstoffs da erheblich zurückging, wo kein stickstoffhaltiger Dünger angewendet wurde; wo jedoch Stickstoffdüngung gegeben wurde, blieb der Stickstoffgehalt des Bodens stationär und schwankte nur wenig, gemäß dem Zustande des Bodens, wie er durch die Mineralstoffe und den Pflanzenwuchs geschaffen wurde. Die Menge des Bodenstickstoffs derjenigen Parcellen, auf welchen Ammoniak angewendet worden und diejenige von den mit Ammoniak nicht gedüngten Parcellen, stand in engem Zusammenhang mit der Stärke des Pflanzenwuchses.

18) Die Summe der Stickstoffmengen in den Ernten, im Drainwasser und im Boden selbst deckt nicht die Stickstoffmenge, welche aus der Düngung und den übrigen Stickstoffquellen stammt; es ist jedoch wahrscheinlich, daß der Stickstoffverlust durch Drainage zu niedrig angeschlagen worden ist (?).

19) Wird Stalldünger in starken Gaben angewandt, so tritt zuweilen ein erheblicher Stickstoffverlust ein, hervorgerufen durch Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Stoffe und Entbindung von freiem Stickstoff; ist der Boden mit Wasser durchsättigt oder unvollkommen durchlüftet, dann kann Salpetersäure zerstört werden unter Bildung von freiem Stickstoff. Unter Bedingungen, wie sie bei den mit künstlichen Düngemitteln versehenen Parcellen des Versuchs-Weizenfeldes vorhanden waren, wird der Stickstoffverlust ohne Zweifel nur in sehr geringem Maße durch diese Ursachen, sondern fast ausschließlich durch die Drainage herbeigeführt werden.

20) Wird, wie dies bei der gewöhnlichen Bewirthschaftung der Fall ist, mit größeren Mengen Stalldünger, geringeren Mengen Ammoniaksalzen und Salpeter gedüngt, wechseln ferner die Feldfrüchte mit einander ab und bedecken dieselben den Boden während eines längeren Zeitraumes im Jahre, so wird der Stickstoffverlust durch die Drainage beträchtlich geringer sein, als er sich für das Weizen-Versuchsfeld ergeben hat.

Praktische Schlußfolgerungen.

1) Der größte Theil des Stickstoffs der geernteten landwirthschaftlichen Gewächse stammt aus der Salpetersäure der Nitrate im Boden.

2) Die Salpetersäure wird in dem Boden gebildet aus den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Bodens selbst, aus der stickstoffhaltigen organischen Substanz des thierischen und vegetabilischen Düngers, aus dem Ammoniak der künstlichen Düngemittel und aus dem durch Regen und Kondensation aus der Atmosphäre zugeführten Ammoniak. Eine sehr geringe Menge fertig gebildeter Salpetersäure wird durch den Regen und durch Kondensation aus der Atmosphäre geliefert. Salpetersäure wird ferner zugeführt durch direkte Düngung mit Nitraten.

3) Das Ammoniak der Ammonsalze wird im Boden schnell in Salpetersäure verwandelt, desgleichen der Stickstoff einiger organischer Substanzen, z. B. der des Harnes. Der Stickstoff der Rapskuchen, der weniger löslichen Theile des Stalldüngers, des Stoppels, der Wurzeln u. s. w. wird viel langsamer in Salpetersäure übergeführt und die vollständige Umwandlung desselben kann viele Jahre erfordern. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Bodens selbst werden sehr langsam zu Salpetersäure oxydirt, aber der Boden liefert jedes Jahr eine gewisse Quantität.

4) Wenn keine Vegetation vorhanden und der Boden drainirt ist, oder selbst, wenn Vegetation vorhanden ist und die Drainage überstark fließt, findet ein Verlust an Salpetersäure durch die Drainage statt.

5) Wo wie beim permanenten Graswuchs der Boden stets mit Vegetation bedeckt ist, wird die größte Menge der Salpetersäure von den Pflanzen nutzbar gemacht und die geringste Menge geht durch die Drainage verloren. Boden ohne Vegetation ist dem größten Verluste an Salpetersäure durch die Drainage unterworfen.

6) Das Vermögen der Pflanzen, die Salpetersäure des Bodens nutzbar zu machen, wird in bedeutendem Grade geschwächt, wenn ein Mangel an disponiblen Mineralstoffen, namentlich an Kali und Phosphorsäure, innerhalb des Bereiches der Wurzeln vorhanden ist.

7) Da die verschiedenen landwirthschaftlichen Gewächse hinsichtlich der Zeit ihrer lebhaftesten Vegetation, ihrer Zeitdauer, während welcher sie auf dem Felde bleiben, und des Charakters und Ganges ihrer Wurzeln unter sich Verschiedenheiten zeigen, so ist auch ihre Fähigkeit, die Salpetersäure aus dem Boden aufzunehmen, eine verschiedene.

8) Der bekannte bodenerschöpfende Charakter der Körnerfrüchte beruht hauptsächlich darauf, daß die Zeit des lebhaftesten Wachsthums derselben kurz ist, und daß in der übrigen langen Zeit, während welcher das Land nackt oder mit geringer Vegetation bedeckt ist, die Salpetersäure mit dem Drainwasser verloren geht.

9) Wenn Ammoniaksalze oder Nitrate als Düngung angewandt worden sind, so ist der in den Wurzeln und anderen Ueberbleibseln der Pflanzen vorhandene Stickstoff der hauptsächlichste, wenn nicht gar der einzige Rückstand, welcher dem Boden von der Ammoniakdüngung verblieben ist und späteren Gewächsen zu Gute kommen kann.



10) Die Bildung von Salpetersäure im Dünger, welcher durch Verfütterung von Oelkuchen oder dergleichen gewonnen ist, geht im Boden langsam vor sich und hält länger vor als bei Ammoniaksalzen. Durch reichliche Düngung mit Stallmist findet im Boden eine Anhäufung von stickstoffhaltigen und mineralischen Substanzen statt; einen derartigen Boden bezeichnet man «als im guten Zustande befindlich». Unter solchen Umständen wird die Fruchtbarkeit des Bodens bewahrt, sie kann sogar beträchtlich gesteigert werden. *E. W.*

***V. Hensen.* Ueber die Fruchtbarkeit des Erdbodens in ihrer Abhängigkeit von den Leistungen der in der Erdrinde lebenden Würmer.** Landw. Jahrbücher von *H. Thiel.* Bd. XI. 1882. Heft 4. S. 661—698.

Verf. liefert in vorstehender Abhandlung eine historische, mit kritischen Bemerkungen versehene Uebersicht über die bisherigen, die Thätigkeit der Regenwürmer betreffenden Beobachtungen unter Beifügung der Resultate neuerer von ihm angestellter Untersuchungen. Wir beschränken uns darauf, den wesentlichsten Inhalt dieser Arbeit an dieser Stelle, soweit derselbe das von dieser Zeitschrift vertretene Gebiet berührt, wiederzugeben, indem wir auf das den gleichen Gegenstand behandelnde Referat über *Ch. Darwin's* Arbeit in dieser Zeitschrift (Bd. V. Heft 1/2. S. 50—55) verweisen.

Verf. sucht zunächst, wie *Darwin* und einige Andere, den Nachweis zu führen, daß die Regenwürmer bei der Produktion des Humus in der Ackererde und anderen milden Humus enthaltenden Erdarten in hervorragender Weise betheiligt seien. Er schließt dies aus der verhältnißmäßig bedeutenden Menge von Darmexkrementen, welche die Thiere nach verschiedenen, von ihm gemachten Untersuchungen liefern, sowie aus der großen Zahl der im Boden vorgefundenen Würmer. Bereits bei Besprechung der *Darwin*'schen Arbeit wurde darauf hingewiesen, daß die nur bei einzelnen Thieren und bei Gartenerde gewonnenen Daten zur Uebertragung auf die Verhältnisse in der großen Natur nicht geeignet sind und daß sich Humus von derselben Beschaffenheit wie derjenige der Dammerde an Orten bilden kann, wo keine oder doch nur wenige Würmer in dem Boden enthalten sind.

Die Resultate der von dem dänischen Zoologen *P. E. Müller*[1]) angestellten Untersuchungen über die Ursachen des Gedeihens, des Unterganges und des Auftretens der Buchenwälder in Seeland und auf dem Rücken der cimbrischen Halbinsel hält Verf. besonders dazu angethan, der Anschauung Vorschub zu leisten, daß der Regenwurm eine große Rolle bei der Bildung des milden Humus spiele. Bei näherem Eingehen jedoch zeigt es sich, daß die von *P. E. Müller* mitgetheilten Beobachtungen ungezwungener und in einem ganz anderen Sinne sich erklären lassen.

Müller hatte nämlich gefunden, daß überall dort, wo sich aus dem abgefallenen Buchenlaub eine lose, lockere und krümelige Humuslage von größerer Mächtigkeit gebildet hatte, die Buchen vortrefflich gedeihen und die Erde Regenwürmer in außerordentlich großer Zahl enthält, während in dem Buchenmoor (?),

[1]) *P. E. Müller.* Tidskrift for Sovbrug. III. S. 1. Kjöbenhavn 1879. Studier over Skovjord und: Einige Züge der Naturgeschichte des Waldes. Vortrag übersetzt von *A. Metzger.* Aus: Nordisk Tidskrift för Vötenskap utg af Letterstedska Foereningen. Stockholm 1879.

wo die Buche langsam wächst, ältere Bäume wipfeldürr sind, der Boden außerordentlich dicht (wahrscheinlich torfig, d. Ref.) ist, in der humosen Schicht und unter dieser Schicht der Regenwurm ganz fehlt. Aus diesen Verhältnissen den Schluß zu ziehen, daß die Regenwürmer bei der Production des milden Humus eine große Rolle spielen und daß da, wo sie fehlen, saurer Humus gebildet werde, ist, wie jeder Unbefangene wird zugeben müssen, durch nichts gerechtfertigt: ein derartiges Verfahren widerspricht allen Anforderungen einer exakten Forschung und liefert nur den Beweis, daß diejenigen, welche so etwas behaupten, hier ein ihnen unbekanntes Gebiet betreten haben.

Aus der Beschreibung der örtlichen Verhältnisse geht nämlich hervor, daß das sogenannte Buchenmoor sich jedenfalls vor dem Auftreten der Buche gebildet hatte und letztere daher bei der Entstehung des Moors in keiner Weise betheiligt war. *Müller* führt nämlich an, daß sich unter dem Moor eine bräunliche Schicht von 4 Zoll bis $2^1/_2$ Fuß Mächtigkeit befindet, welche er Rotherde nennt. Diese Schicht ist offenbar mit der unter der Bezeichnung Ort oder Ahl (Norr) im germanischen Tieflande und in der deutsch-dänischen Inselebene eine bloße Zwischenlage bildenden, bald erd-, bald steinartigen, im Untergrunde des Diluvialsandes auftretenden Masse identisch. Letztere hat bekanntlich die Eigenschaft, die Abwärtsbewegung des Wassers in die Tiefe zu hindern und dieses in einer mehr oder weniger hohen Schicht auf sich anzusammeln. Durch eine solche Versumpfung des Terrains war die Veranlassung zur Bildung eines Moores gegeben, in welchem die Zersetzung der organischen Substanzen in Folge des Luftabschlusses einen eigenthümlichen Verlauf nahm und sich schließlich Torf bildete. In diesem finden die Buchen, die sich zufällig angesiedelt haben, erfahrungsmäßig nur ein kümmerliches Fortkommen.

In der anderen von *Müller* beschriebenen Lokalität hatte sich der Humus aus den Blättern der Buchen gebildet, welche auf dem wahrscheinlich für Wasser permeablen und ihnen zusagenden Boden ein gutes Fortkommen fanden. In der für Luft zugänglichen Blattmasse konnten sich die organischen Substanzen normal zersetzen, d. h. die Oxydationsprocesse ungehindert von Statten gehen und sich eine lockere humose Masse bilden. Daß in dieser die Regenwürmer sich in großer Zahl ansiedelten und vermehrten, kann nicht Wunder nehmen, wenn man berücksichtigt, daß diese Thiere an solchen feuchten und mit Humussubstanzen reichlich versehenen Plätzen nach allen Beobachtungen über ihre Lebensweise die günstigsten Bedingungen ihres Gedeihens finden. Letzteres war in dem Moorboden nicht der Fall wegen des Erfülltseins des Bodens mit Wasser während des größten Theils des Jahres, wegen der hierdurch beschränkten Luftkapacität des Bodens und der außerordentlichen Dichtheit desselben.

Es geht also aus dieser Darlegung hervor — und in dieser Beziehung schließt sich der Ref. derjenigen *Borggreve's*[1]) an — daß die Regenwürmer nicht die Ursache, sondern die Folge des verschiedenen Boden- und Vegetationscharakters unter den in Rede stehenden Verhältnissen sind. Dies dürfte auch wohl in allen Fällen so sein. Zieht man überdies in Rücksicht, daß sich Humussubstanzen an sehr vielen Orten bilden, wo keine Regenwürmer auftreten, daß diese Stoffe in chemischer und physikalischer Hinsicht dieselbe Beschaffenheit besitzen können, wie diejenigen

[1]) Forstliche Blätter von *Gruner* und *Borggreve*. 1881. S. 281.



der von Regenwürmern frequentirten Bodenarten, daß, abgesehen von der ursprünglichen Beschaffenheit der organischen Stoffe (Thier- und Pflanzenreste), die Zusammensetzung und sonstigen Eigenschaften, sowie die Menge der Humusstoffe bedingt sind von der Art und Weise des Luftzutrittes, und dem hiervon abhängigen Verlauf des Zersetzungsprocesses, so wird man mit Recht behaupten dürfen, daß die den Regenwürmern in bezeichneter Richtung zugeschriebene Thätigkeit nur von untergeordneter Bedeutung sein kann.

Dasselbe gilt mehr oder weniger von den, die Lockerung betreffenden Leistungen der Würmer im Boden. Abgesehen davon, daß die von letzteren gebildeten Lücken (Röhren) in Rücksicht auf das Wurzelwachsthum und die Wasserbewegung überhaupt keine, für die Fruchtbarkeit des Bodens besonders günstige Beschaffenheit besitzen, ist auch speziell deren Einfluß auf die Fruchtbarkeit der tieferen Schichten (des Untergrundes) kein hervorragender. Verf. ist bezüglich dieses Punktes nämlich der Meinung, daß die von den Würmern in den tieferen Schichten des Bodens gebildeten Röhren der Vegetation ganz besonders zu Statten kommen müßten, weil den Untersuchungen *H. Thiel's*[1]) zu Folge die Pflanzenwurzeln wegen der außerordentlich dichten Aneinanderlagerung der Bodentheilchen in jenen Erdpartien hauptsächlich nur in größeren, durch abgestorbene Pflanzenwurzeln (oder Würmer) gebildeten Lücken fortwachsen könnten und ihr Wachsthum hier durch Thauniederschläge[2]) und durch die in den die Wand der Wurmröhren bekleidenden Darmexcrementen der Thiere enthaltenen Nährstoffe wesentlich unterstützt würde. Selbst im günstigsten Falle könnte aber die hierdurch hervorgerufene Wirkung auf die Production der Pflanzen immerhin nur eine verhältnißmäßig geringe sein, was einerseits sich einfach aus der Thatsache ergiebt, daß die Menge der in den Untergrund dringenden Wurzeln relativ eine geringe ist, andererseits aus der in der landwirthschaftlichen Praxis allseitig gemachten Erfahrung hervorgeht, daß eine Lockerung des Untergrundes vermittelst hierzu geeigneter Instrumente auf fast allen Bodenarten mit einer beträchtlichen Steigerung der Fruchtbarkeit des Kulturlandes verknüpft ist. In praktischer Hinsicht wird daher der Bildung von Röhren seitens der Würmer wohl kaum eine besondere Bedeutung beigemessen werden können und Ref. möchte jedem Landwirth rathen, ehe er die Regenwürmer, wie Verf. vorschlägt, zur Verbesserung des Landes benutzt, sich vorerst von der Unschädlichkeit dieser Thiere zu überzeugen. *E. W.*

***J. von Fodor*. Die Zersetzung der organischen Stoffe im Innern des Bodens.** Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser. Zweite Abtheilung: Boden und Wasser. Braunschweig 1882. Vieweg & Sohn.

Den umfangreichen Mittheilungen des Verf. entnehmen wir folgende, in das Gebiet der Bodenphysik fallenden Angaben.

Bezüglich der Frage der Betheiligung niederer Organismen an der Zersetzung der organischen Stoffe im Boden[3]) stellte Verf. mehrere Versuche an, in

---

[1]) *H. Thiel.* Zeitschrift f. die landw. Ver. des Großherzth. Hessen. 1870. No. 37 u. 38.

[2]) Die Bildung von Thauniederschlägen findet wohl auf der Oberfläche aber nicht im Innern des Bodens statt. Vergl. hierüber diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 51—55, und: Zeitschrift der öster. Ges. f. Meteorologie. Bd. XV. 1880. S. 482—486.

[3]) Vergl. die Versuche von *Th. Schlösing* und *A. Müntz.* Compt. rend. 1877. Bd. 84. S. 301 u. 1879. Bd. 89. S. 891; ferner die Versuche von *E. Wollny.* Versuchsstationen. XXV. S. 390.



welchen in Glasgefäße gefüllte Erde in einem Wasser- resp. Paraffinbade auf verschiedene Temperaturen, je 3 Stunden lang erwärmt wurde. Die langsam aspirirte Luft (0,5 l pro Stunde) enthielt pro mille vol. Luft folgende Kohlensäuremengen:

	Kohlensäure.
Nach Erwärmen auf 100° C.	11,3
« « « 110° C.	0,66
« 3 Tage langem Stehen neuerdings (ohne Erwärmung) aspirirt	1,09
« Erwärmen auf 120° C.	0,60
« 3 Tage langem Stehen neuerdings aspirirt	1,66
« 36 Tage langem Stehen ohne vorhergehende Auslüftung neuerdings aspirirt	24,00
« Erwärmen bis auf 137° C.	1,45
« 14 Tage langem Stehen ohne Auslüftung neuerdings aspirirt	2,33.

«Somit hatte unter Einwirkung der Wärme die Kohlensäureproduction anfangs zugenommen, sie blieb dann constant und erhöht von 65° bis zur Erwärmung auf 95°; bei 95°—105° nahm die Kohlensäureproduction plötzlich ab, hörte aber selbst bei 137° C. und mehr Graden Wärme nicht ganz auf[1]. . . . . . Diese Abhängigkeit der Kohlensäureproduction von der Wärme beweist, daß die Zersetzung der organischen Substanzen, die Bildung der Kohlensäure, durch den Lebensproceß niederer Organismen, Bacterien, bedingt ist.»

Daß letztere auch bei der Entstehung der Nitrate und Nitrite betheiligt sind, beweist folgender Versuch. Eine Bodenprobe, welche sehr reichlich Salpetersäure producirte, wurde über den Flammen eines Verbrennungsofens für organische Analysen sorgfältig ausgehitzt, dann täglich mit 6—8 ccm ausgekochtem, verdünnten (1/10) Harn übergossen; Harn und Boden blieben dabei vom atmosphärischen Staube und den darin enthaltenen Bacterien verwahrt. Die abträufelnde klare Flüssigkeit war jetzt von dem vor der Aushitzung durch denselben Boden filtrirten Boden sehr verschieden, wie das folgende Tabelle beweist; in je 100 ccm waren enthalten:

	durch unerhitzten Boden filtrirte Flüssigkeit.	durch erhitzten Boden filtrirte Flüssigkeit.
Ammoniak	1,75 mgr	1,5 mgr
Organische Substanz[2]	19,2 «	84,04 «
Nitrate und Nitrite	92,0 «	0 « .

Weiters stellte Verf. Untersuchungen über den **Einfluß der verschiedenen Bodenverhältnisse auf die Kohlensäureproduction** an, denen wir die nachstehenden Resultate entnehmen.

Um den Einfluß der Bodenart auf die Zersetzung der organischen Substanzen festzustellen, füllte Verf. Böden von verschiedener physikalischer Beschaffenheit, die mit Harn und Zuckerlösung angefeuchtet wurden, in Flaschen (Vers. I) oder in Glasröhren (Vers. II) und aspirirte dann die über oder in dem Boden befindliche Luft. Dieselbe enthielt Proc. Vol. Kohlensäure.

[1] Die Thatsache, daß die Luft in dem, auf 137° erwärmten Boden Kohlensäure enthielt, kann auch darauf beruhen, daß durch die vorhergehende Aspiration dem Boden nicht alle Kohlensäure entzogen wurde. D. Ref.

[2] Mit Chamäleon titrirt.



Versuch I.

	über Mergelboden.	über Sandboden.
Nach 48 Stunden	Spuren	3,8
« 7 Tagen	0,97	20,4
« 14 «	6,07	21,8
Bei einer anderen Versuchsreihe:		
Nach 15 Tagen	28,1	32,2
« 18 «	28,5	31,9

Am letzten Tage war der Oxygengehalt = 0.

Versuch II.

	Sandboden.	Lehmboden.
Am 24. März 1877	8,8	6,5
« 25. « «	3,0	2,2
« 26. « «	0,3	1,1
« 27. « «	0,6	1,8
« 28. « «	3,0	4.5
« 29. « «	4,3	6,4

Diese Versuche zeigen, daß der Sandboden zur Zersetzung der organischen Substanzen um vieles mehr beiträgt als der Lehmboden[1]).

Die Versuche über den Einfluß der Temperatur[2]) führten zu folgendem Resultat: in 1000 vol. Luft waren vol. Kohlensäure enthalten:

Temperatur.	Versuch I.
18—20°	2,04
desgl.	2,19
desgl.	2,00
42—60°	15,00
50—60°	13,20
60—65°	5,30
60—65°	4,40
61°	6,00
61°	6,80
1½ Stunde auf 100° erwärmt, bei 61° aspirirt	2,60

Temperatur.	Versuch II.
Zimmertemperatur	2,8
55—65°	30,0
65—75°	26,0
75—82°	28,0
82—93°	20,0
93—97°	16,0

«Die Kohlensäureproduction hört also bei 55° keinesfalls auf, obwohl es scheint, daß sie oberhalb 60° in ihrer Intensität abgeschwächt wird.

Verf. suchte weiterhin die Zersetzung der organischen Stoffe bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden[2]) experimentell zu verfolgen. Er benutzte hierzu gleiche Mengen Sand, die gleichmäßig mit 5 g Zucker und 1 g Harnstoff gemischt und mit verschiedenen Wassermengen benetzt wurden. In 24 Stunden wurden folgende Kohlensäuremengen gefunden:

[1]) Daraus darf nicht geschlossen werden, daß in der Natur der Sand reicher an Kohlensäure sei. Die in dem Sande auftretenden Kohlensäuremengen sind hier geringer als im Lehm, wie Referent in einem späteren Bande dieser Zeitschrift darlegen wird.

[2]) Die Versuche des Ref. (diese Zeitschrift Bd. IV. S. 1) hat Verf. nicht berücksichtigt.

	Wassergehalt des Bodens:			
	2 Proc.	4 Proc.	8 Proc.	17 Proc.
Am 30. Mai 1877	2,0	24,0	41,0	66,0
« 31. « «	3,0	18,6	44,7	74,1
« 9. Juni «	5,0	121,4	138,0	211,4.

«Es ist ersichtlich, daß die Zersetzung der organischen Substanzen mit der Feuchtigkeit zunimmt. Die Erhöhung erfolgt aber nicht an beiden gleichmäßig; während die Feuchtigkeit in geometrischer Progression ansteigt, nimmt die Kohlensäure bloß in einem arithmetischen Verhältniß zu.

Auffallend ist der enorme Unterschied im Zersetzungsprocesse, welcher durch den Uebergang an Feuchtigkeit von 2 auf 4% hervorgerufen wird. Bei 2% Feuchtigkeit entwickelt sich nach längerer Zeit kaum eine Spur von Kohlensäure; bei 4% ist die Kohlensäureentwickelung schon heftig, sie beträgt das 10—20fache der Production bei 2%. Es scheint zu genügen, daß die Feuchtigkeit eines Bodens 4% erreiche, auf daß die Zersetzung in ihm beinahe mit der vollen Intensität beginne, während andererseits der Boden von dieser Feuchtigkeit nur 1—2% zu verlieren braucht, damit die Zersetzung mit allen ihren Nebenprodukten stillstehe».

Außerdem fand Verf., daß ein vollständig mit Wasser erfüllter Boden ziemlich bedeutende Mengen von Kohlensäure producirte.

Die Wirkung des Luftzutrittes auf die Zersetzung der organischen Substanzen glaubt Verfasser durch den folgenden Versuch[1]) beleuchten zu können. Er ließ durch 1 kg Boden, welcher mit organischen Stoffen inficirt und in einer Glasröhre in einem Wasserbade bei gleichmäßiger Temperatur (35—40° C.) gehalten wurde, Luft aspiriren und bestimmte die producirte Kohlensäuremenge von Tag zu Tag. Die Aspiration der Luft wurde jedoch alternirend bald beschleunigt, bald verlangsamt. Dabei war die stündliche Kohlensäureproduction, verglichen mit der stündlich aspirirten Luftmenge die folgende:

	Kohlensäure. (ccm pro Stunde.)	Aspirirte Luftmenge. (Liter pro Stunde.)
24. April 1876	1,18	0,25
25. « «	1,48	0,30
26. « « (Tag)	2,20	0,64
26. « « (Nacht)	0,95	0,18
27. « « (Tag)	4,20	1,30
27. « « (Nacht)	1,62	0,30
28. « «	1,30	0,17
29. « «	0,65	0,08
30. « «	5,07	1,10.

«Der entscheidende Einfluß der rascheren oder langsameren Aspiration, d. h. des reichlicheren oder kärglicheren Zutritts der Luft zu den im Boden enthaltenen organischen Substanzen auf die Kohlensäurereproduction ist unverkennbar.»

Ueber den Unterschied zwischen der unter reichlichem Luftzutritt und der

[1]) Vergl. die ausführlicheren und exacteren Versuche von *Th. Schlösing* und *A. Müntz*. Compt. rend. 1873. Bd. 77. S. 203 u. 353; ferner von *C. Sulger*. Inaug.-Dissert. Erlangen 1880 und *E. Wollny*. Versuchsstationen. Bd. XXV. S. 390.



bei ungenügendem Luftzutritt stattfindenden Zersetzung der organischen Substanzen im Boden (Verwesung — Fäulniß) giebt ein fernerer Versuch des Verf. Aufschluß. Derselbe füllte eine weite Zinkröhre mit 3 kg Boden im feuchten Zustande und verschloß dieselbe mit einem Kautschukstöpsel. Der so hergerichtete Apparat blieb etwa 3 Wochen lang bei Zimmertemperatur stehen und wurde dann mit je 100 ccm Wasser ausgewaschen. Verf. ließ dann 16 Tage lang Luft durch den Boden aspiriren und wiederholte dann neuerdings das zweimalige Auswaschen mit 100 ccm Wasser. Nun wurde die Röhre wieder verschlossen und nach Ablauf von 23 Tagen mit destillirtem Wasser ausgewaschen. Die zum Auswaschen des Bodens verwendeten, unten abgetropften je ca. 100 ccm Wasser wurden analysirt und ergab sich dabei, daß in 100 ccm abgeflossenem Wasser enthalten waren:

		Salpetersäure.	Salpetrige Säure.	Ammoniak.
1) Bei verschlossener Röhre	a)	0,0 mg	0,12 mg	18,0 mg
	b)	0,0 «	0,12 «	16,0 «
2) « offener «	a)	4,1 «	0,13 «	10,0 «
	b)	3,8 «	0,13 «	8,0 «
3) Bei neuerdings verschlossener Röhre	a)	0,065 «	0,00 «	verun-
	b)	0,090 «	0,00 «	glückt.

«Die Zersetzung verläuft also bei Luftzutritt unter Bildung von Salpeter- und salpetriger Säure; bei Luftabschluß wird hingegen anstatt der Salpetersäure Ammoniak gebildet, Salpetersäure aber keine; vielmehr wird inmitten des Zersetzungsprocesses auch die bereits gebildete salpetrige Säure, und bis zu einem gewissen Grade auch die Salpetersäure neuerdings reducirt. *E. W.*

C. Salger. **Boden-Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Ventilation auf die Kohlensäuremenge im Boden.** Inaugural-Dissertation. Erlangen 1880.

Verf. suchte in den vorliegenden Untersuchungen besonders den Einfluß der Ventilation des Bodens auf die Zu- und Abnahme der Kohlensäure unter verschiedenen Verhältnissen zu erfahren.

Die Untersuchungen wurden in folgender Weise ausgeführt: Von dem nördlich gelegenen Arbeitszimmer des an der Südseite des Erlanger Schloßgartens gelegenen Gebäudes des physiologischen Instituts gehen 4 Bleiröhren von 1 cm Durchmesser in den Boden, welche dort nach Aufgraben des Grundes eingelegt worden waren. Zwei dieser Röhren münden mit einem Abstand von einigen Centimetern von einander in der Nähe einer Versitzgrube, in welche die Abfälle der Anatomie gelangen, in der Tiefe von 1½ und 3 Meter, die zwei anderen sind 20 Meter davon entfernt, ebenfalls 1½ und 3 Meter tief in den Boden gelegt, an einem Promenadenwege des Schloßgartens. Die Grube wurde während der Untersuchungszeit nie geräumt.

Im Mittel von 17 Untersuchungen stellte sich der Kohlensäuregehalt auf 1000 Theile Luft bei 0° und 760 mm Barometerstand wie folgt:

Nahe der Versitzgrube.		20 m von der Versitzgrube entfernt.	
1½ m	3 m	1½ m	3 m
tief		tief	
4,07	9,87	2,41	5,05.

Es ergiebt sich somit die bereits von anderen Forschern[1]) festgestellte Thatsache, daß die tiefer gelegenen Bodenschichten an Kohlensäure reicher sind, als die höher gelegenen, sowie daß der an organischen Substanzen reichere Boden größere Mengen von Kohlensäure enthält als der an diesen Stoffen ärmere.

Nach diesen Versuchen ging Verf. zu seiner eigentlichen Aufgabe über, indem er sich folgende Fragen vorlegte: Hat die Ventilation des Bodens einen Einfluß auf die Kohlensäure-Zu- oder Abnahme in demselben und welcher Art ist dieser Einfluß?

Zu diesem Zweck wurde mittelst eines *Bunsen*'schen Aspirators Grundluft ausgesogen und es der atmosphärischen Luft überlassen, an die Stelle der ausgesogenen zu treten. Die Versuche wurden in der Weise gemacht, daß an einem Tage der Kohlensäuregehalt bestimmt wurde, dann am nächsten Tage ausgiebig ventilirt und am darauffolgenden der Kohlensäuregehalt neuerdings untersucht wurde.

Versuchsreihe I.

Mittel mehrerer Beobachtungen	Nahe der Versitzgrube. 1½ m tief.	Differenz	3 m	Differenz	20 m von der Versitzgrube entfernt. 1½ m tief.	Differenz	3 m	Differenz
Ohne Ventilation	7,33	2,50	9,27	0,08	5,70	1,80	—	
Mit Ventilation	4,83		9,19		3,90		—	

Versuchsreihe II.

Ohne Ventilation	8,64	4,30	14,86	0,48	6,47	2,43	10,27	0,43
Mit Ventilation	4,34		15,34		4,04		9,84	

Es ergiebt sich hieraus, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft durch die Ventilation vermindert wird, und daß dieser Ventilationseffekt sich in den tieferen Schichten verschwindend klein zeigt, während er in den höheren Schichten ziemlich ergiebig ist.

Weitere Versuche des Verf., welche mit künstlichem Boden in Zinkkästen angestellt wurden, zeigten, daß, wenn gleiche Luftportionen durch den Boden gesaugt wurden, die zuerst aspirirten ungleich größere Mengen von Kohlensäure enthielten, als die später durchgesaugten.

Als Verf. denselben «künstlichen» Boden mit faulender Mistjauche übergoß, zeigte sich weiterhin eine bedeutende Vermehrung des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft. Während der letztere in dem ungedüngten Boden im Mittel 3,87 vol. % betrug, stieg derselbe nach der Düngung auf 11,68 vol. %. Es zeigte sich ferner in dem gedüngten Boden, daß die Kohlensäuremengen in den oberen Schichten geringer waren als in den tieferen, und daß in gleicher Weise wie bei dem ungedüngten Boden bei einer Durchsaugung von je 5 Litern nacheinander constant eine allmälige Abnahme der Kohlensäuremenge sich bemerkbar machte. Größere Durchfeuchtung des Bodens nach Aufschüttung von frischem Wasser hatte eine Zunahme der Kohlensäure zur Folge[2]).

[1]) *von Pettenkofer*, Zeitschrift f. Biologie Bd. VII u. IX. — *Fleck*. Ibid. Bd. IX. — *v. Fodor*. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. VII. — *W. M. Ripley Nichols*, Annual Report of the Mass. State Board of Health. Boston 1875. — *E. Wollny*, Landw. Versuchsstationen. Bd. XXV.

[2]) Vergl. *E. Wollny*, Diese Zeitschrift. 1881. Bd. IV. S. 9—16.

Das Ergebniß aus sämmtlichen Versuchen stellt Verf. in folgenden Sätzen zusammen: 1. Die Menge der Kohlensäure ist an verschiedenen Orten verschieden. 2. Die tiefer gelegenen Bodenstellen sind kohlensäurereicher als die oberflächlichen. 3. Die wichtigste Ursache für die Kohlensäureentwickelung ist die Zersetzung organischer Stoffe, speziell der kohlenstoffhaltigen Verbindungen in diesen. 4. Die Menge der Kohlensäure in der Luft sowohl des «künstlichen» als «natürlichen» Bodens steht im Verhältniß zur Verunreinigung des Bodens, zur Menge der im Boden befindlichen organischen Stoffe (?). 5. Die Bodenfeuchtigkeit spielt immerhin eine Rolle bei der Menge der Kohlensäure in der Bodenluft. 6. Die Ventilation des Bodens (künstliche) übt einen Einfluß auf die Kohlensäuremenge im Boden. 7. Die Kohlensäuremenge wird durch die Ventilation in den oberen Schichten um Erhebliches vermindert, während sie in den unteren Schichten nahezu gleich bleibt. 8. Der Ventilationseffekt ist beträchtlicher an mit organischen Stoffen mehr imprägnirten oberen Stellen, als an gleich tieferen reineren Stellen. *E. W.*

L. Rinck. **Enthält die Grundluft Ammoniak?** Inaugural-Dissertation. Erlangen 1880.

In den vorliegenden Untersuchungen stellte sich Verf. die Frage, ob neben der freien Kohlensäure auch Ammoniak in der Grundluft enthalten, und wenn dies der Fall sei, von welchen Processen der etwaige Ammoniakgehalt der Grundluft verändert werde. Die Resultate aus den diesbezüglichen Beobachtungen formulirt Verf. in folgender Weise:

1) Der «künstliche» Boden (feiner Kies) ist nicht im Stande, kohlensaures Ammoniak zurückzuhalten. Dasselbe wird vielmehr von einem durchgeleiteten Luftstrom aufgenommen und mitgerissen.

2) Im künstlichen Boden wird aus Harn eine reichliche Menge von kohlensaurem Ammoniak gebildet. Fleischinfuß dagegen, Infuß von faulenden Vegetabilien und Jauche, die aus einem stinkenden Graben entnommen war, bildeten im «künstlichen» Boden nur sehr geringe Mengen von kohlensaurem Ammoniak.

3) Schwefelwasserstoff wurde in dem künstlichen Boden nur aus dem faulenden Fleischinfuße gebildet.

4) Die Grundluft natürlicher, nicht verunreinigter Böden enthält unzweifelhaft Ammoniak, welches an Kohlensäure gebunden sein muß. Die Ammoniakmenge betrug in diesen Versuchen im Mittel 1,0295 ccm pro mille.

5) Das in der Grundluft enthaltene Ammoniak stammt jedenfalls zum Theil aus der atmosphärischen Luft (?), da diese mit der Grundluft in beständiger Berührung und beständigem Gasaustausch steht. Zugleich aber macht es der Umstand, daß in der Grundluft mehr Ammoniak sich fand als in der atmosphärischen Luft unzweifelhaft, daß auch im Boden selbst Ammoniak gebildet werden kann, welches an Kohlensäure gebunden ist und daher durch Aspiration nachgewiesen werden kann.

W. Edler. **Die kapillare Leitung des Wassers in den durch den Schöne'schen Schlämmapparat abgeschiedenen hydraul. Werthen.** Göttingen 1882.

E. Wollny. **Halten Steine den Boden frisch?** Deutsche landwirthschaftliche Presse. 1882. Nr. 54.

M. Fesca. **Beiträge zur agronomischen Bodenuntersuchung und Kartirung.** Journ. für Landwirthschaft. 1882. XXX. Jahrgang. Supplement.

II. Physik der Pflanze.

Die Saftleistung der Wurzeln, besonders ihrer jüngsten Theile.

Von Dr. **Carl Kraus** in Triesdorf.

Erste Abhandlung:

Ueber Verbreitung und Nachweis des Blutungsdrucks der Wurzeln.

(Dritte Abhandlung der Untersuchungen über den Säftedruck der Pflanzen[1]).

Seit *Hales* vor mehr als 150 Jahren seine Experimente am blutenden Weinstock anstellte, hat sich eine große Zahl von Forschern mit dem Bluten der Wurzelstöcke beschäftigt, es ist auch gelungen, das zu Grunde liegende Princip aufzudecken und mancherlei Details im Verlaufe dieser Erscheinung zu ermitteln; von keiner Seite aber wurde der thatsächliche Beweis zu liefern gesucht, ob nicht dieser erwiesenermaßen weit verbreiteten Erscheinung eine allgemeine Verbreitung bei allen bewurzelten Pflanzen zukomme, eventuell, welche Wege eingeschlagen werden müßten, um den Blutungsdruck der Wurzeln auch dann aufzufinden, wenn die Gesammtleistung des Wurzelstocks auf dem Querschnitt hinter jener des Weinstocks und anderer, seit alter Zeit als blutend bekannter Gewächse zurückbleibt. Gerade Holzpflanzen sind es, von denen viele nie und nirgends einen Safterguß aus Wurzelstöcken constatiren ließen, während andererseits gerade bei Holzpflanzen die seit alter Zeit angestaunten hohen Blutungsdrucke beobachtet wurden. Außerdem haben die Untersuchungen gelehrt, daß auch oberirdische Stammtheile, krautige wie holzige, die Fähigkeit der Saftauspressung und zwar oft in ganz beträchtlichem Maße besitzen, darunter auch die oberirdischen Theile von Holzarten, für welche

[1]) Abhdl. I, Flora 1881. — Abhdl. II, Flora 1882.



gewöhnlich Blutungsunfähigkeit der Wurzelstöcke angegeben wird. So bluteten z. B. Stammabschnitte der Esche ausnahmslos aus den Gefäßschichten des Holzkörpers, während den Wurzelstock einer Esche wohl noch niemand Saft liefern sah, und Abschnitte einer Tilia grandifolia bluteten in einer Stärke, wie ich dies auch bei den Stammtheilen von als stärkst blutend bekannten Holzarten z. B. Juglans, Acer, Fagus nicht stärker beobachtet habe, während doch die Linde allgemein unter den nicht blutenden Bäumen aufgeführt wird[1]). Gerade Wurzeln aber und namentlich deren jüngste Theile sind unter natürlichen Verhältnissen gegenüber den zu den Versuchen verwendeten Holzabschnitten oder anderweitigen Stengeltheilen überaus bevorzugt hinsichtlich der Wasseraufnahme aus der Umgebung und hinsichtlich der Befähigung, die Gesammtleistung der thätigen Zellen gerade am Querschnitte des Holzkörpers zur Geltung zu bringen. Sucht man die alleinige Ursache des Blutungsdrucks der Wurzeln in den Leistungen der Rindenzellen der jüngsten Theile, so wäre es zwar möglich, daß deren Leistung bei dieser oder jener Pflanze außerordentlich gering ist; es muß aber schon die Erwägung des für den vorliegenden Fall als in hohem Grade übereinstimmend zu betrachtenden Baus der jüngsten Theile das Bedürfniß einer Klarlegung durch direkte Untersuchung erregen, um so mehr, da Gründe vorliegen, welche darauf hinweisen, daß die übliche Art, die Blutungsfähigkeit der Wurzeln aufzusuchen, keine Entscheidung geben kann. Wenn auch im Allgemeinen die Neigung, dem Blutungsdruck der Wurzeln eine besondere physiolo-

---

[1]) Diese Angaben nach Abhdl. II dieser Untersuchungen. — *Sachs* bemerkt (Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, p. 319), dem Thränen der Wurzelstöcke ähnliche Wasserausstoßungen könnten unter Umständen auch an abgeschnittenen Theilen vorkommen, aber sehr wenig ausgiebig. Wenn dies auch in vielen Fällen zutrifft, so giebt es auch viele andere Fälle, in denen die Blutung abgeschnittener Theile sehr kräftig ist und ganz die nämlichen Erscheinungen eintreten wie an bewurzelten Pflanzen. Wenn ich an die oft kräftigen Ausscheidungen der Holztheile, an die nachhaltigen Leistungen jüngeren Stengelparenchyms u. s. w. denke, so wüßte ich wahrlich zu Gunsten von unter gleichen Verhältnissen geprüften Wurzeltheilen, speziell zu Gunsten des Wurzelparenchyms gegenüber dem Stengelparenchym keine durchschlagende Umstände anzugeben. Aber natürlich kann man die Leistungen eines mit vielen Wurzelfasern versehenen Wurzelstocks nicht in Parallele setzen mit den Leistungen eines kurzen Zweigabschnitts, der außerdem unter den Versuchsbedingungen in verschiedener Beziehung viel ungünstiger daran ist als im normalen Zusammenhang des Pflanzenkörpers.

gische Bedeutung zuzuschreiben, immer geringer geworden zu sein scheint, so wollen wir uns hiedurch nicht abhalten lassen, die Besonderheiten dieser Aeußerung der Thätigkeiten des Pflanzenkörpers, welche ja nur ein Glied in der Kette von im Pflanzenkörper allgemein verbreiteten Erscheinungen bildet, nachzugehen, die zu Grunde liegenden Fähigkeiten gründlich und allseitig zu verfolgen, um so die Basis für eine richtige Taxirung der Functionen zu erhalten, welche diese Fähigkeiten im Leben der Pflanze zu erfüllen haben.

Die ersten Bausteine einer rationellen Theorie des Wurzeldrucks finden sich in den Schriften *Dutrochet's*, und es hat auch bereits dieser Forscher die weitere Verbreitung der Saftausscheidung aus Wurzelstöcken betont[1]). *Hofmeister* entdeckte das ausgedehnte Vorkommen der Wurzelstockblutung bei krautigen Gewächsen und hat den Satz ausgesprochen[2]): «Das kräftige Emportreiben des Safts durch die Wurzel beschränkt sich nicht auf die geringe Zahl von Holzpflanzen, von denen das Bluten bekannt war, ist vielmehr eine allgemeine Erscheinung, welche manchen krautartigen Pflanzen in weit höherem Grade zukommt als vielen Holzgewächsen». *Hofmeister* führt an dieser Stelle die Maximaldrucke der Wurzelstöcke von 11 Arten an, denen er später[3]) weitere ebenfalls krautartige als blutungsfähig erkannte folgen läßt. Welche Arten er außer den angeführten untersucht hat und mit welchem Erfolge oder wenigstens, ob er bei allen in Untersuchung genommenen krautigen Species Blutung des Wurzelstocks fand, ist nirgends ausgesprochen, ebensowenig sind die «vielen Holzgewächse» namhaft gemacht. Solche vergebliche Prüfungen haben aber andere Beobachter angestellt, und von Bäumen führt *Hofmeister* selbst als nicht blutend auf: Quercus, Populus tremula, Morus alba[4]), alle darauf untersuchten Arten von Pinus und Robinia, Menispermum canadense, die Coniferen. *Hofmeister* scheint daher den Ausdruck «allgemeine» Erscheinung im Sinne von «weitverbreitet» gebraucht zu haben, anderenfalls würde die Behauptung nur den Charakter einer allerdings wahrscheinlichen Vermuthung tragen. Die Handbücher drücken

[1]) Mém. pour servir à l'histoire u. s. w. Brüssel 1837. Abhdl. VIII.

[2]) Berichte der k. sächs. Ges. der Wiss. 1857, p. 156. Dieselbe Abhl. Flora 1858.

[3]) Flora 1862.

[4]) In der ersten Abhdl. ist aber für diese Art Blutungsdruck von 12 mm Quecksilber angegeben.

sich mehr weniger unbestimmt aus, wie dies auch nach dem vorliegenden Material nicht wohl anders sein kann, *Pfeffer* aber sagt ganz entschieden[1]), daß zum Bluten zwar viele, aber keineswegs alle Phanerogamen befähigt seien. Abgesehen davon, daß die übliche Untersuchungsweise über die Befähigung zum Bluten in vielen Fällen keinen Aufschluß geben kann, drückt diese von *Pfeffer* gezogene Schlußfolgerung die derzeitige Sachlage ganz richtig aus. Denn wenn unter den Gewächsen viele, den verschiedensten Familien angehörige Arten bluten, so sind damit jene vielen anderen Fälle, in denen Blutung vermißt wurde, nicht aus der Welt geschafft.

Um zunächst bei den krautartigen Gewächsen zu bleiben, so haben die auf Hofmeister folgenden Beobachter Vorkommen der Wurzelstockblutung bei mancherlei Gewächsen constatirt. Mußten schon diese Erweiterungen der Vermuthung von der Allgemeinheit des Wurzeldrucks Boden gewinnen, so konnte auch auf die weite Verbreitung der Saftausscheidungen aus unverletzten Blättern bewurzelter Pflanzen bei genügend geminderter Transpiration hingewiesen werden. Es mag aber bemerkt sein, daß, selbst nach Abzug verschiedener ursächlich zweifelhafter Vorkommnisse, diese Blutungen nicht ohne Weiteres und in jedem Fall auf Wurzeldruck als direkte Ursache zurückgeführt werden können. Da man gewöhnt ist, in diesen Blutungen die alleinige Leistung des Wurzeldrucks zu sehen[2]), wird eine nähere Erläuterung der eben gemachten Aufstellung am Platze sein.

Ich habe nachgewiesen, daß in vielen Fällen auch ohne Mitwirkung auspressender Wurzeln oder anderweitiger vis a tergo die in abgetrennten, in nassen Sand gesteckten Stengeltheilen thätigen Druckkräfte ausreichen, um ähnliche Effekte hervorzurufen, wie sie an den Blättern bewurzelter Pflanzen bei geminderter Transpiration zu beobachten sind. Vielfach treten aus an solchen Abschnitten befindlichen Blättern Wassertropfen hervor und auch an Abschnitten holziger Zweige entspringende Triebe resp. deren Blätter zeigen vielfach die nämliche Erscheinung. Man kann nicht sagen, daß diese Blutungen aus unverletzten Blättern wurzelloser Stammtheile schwächer seien, als solche an bewurzelten Pflanzen stattfinden. Details

[1]) Pflanzenphysiologie I, p. 154.

[2]) Meines Wissens hat bloß *Pfeffer* (l. c. p. 175) die Möglichkeit einer aktiven Betheiligung der Blätter angedeutet.



mögen in den beiden ersten Abhandlungen nachgesehen werden. Es sei an dieser Stelle bloß das Ergebniß des Versuchs mit einem 43 mm langen Gipfelstück eines Weißrübenstengels angeführt, der bei ca. 20° C. so ausgiebig aus den Rändern seiner Blätter blutete, daß schon 5—7 Minuten nach jedesmaligem Abtrocknen die ausgeschiedenen Tropfen eine für das bloße Auge bemerkbare Größe erreichten, was sich trotz viertel- und halbstündigen Abtrocknens einige Tage fortsetzte[1]). Ich denke, daß solche Fälle mit analogen Blutungen aus den Blättern bewurzelter Pflanzen sehr wohl rivalisiren können.

Nachdem der Nachweis geliefert ist, daß auch Stengelorgane nach Maßgabe ihres Aufbaus aus osmotisch thätigen Elementen Saftauspressung äußern können, ist der Schluß unabweisbar, daß diese Elemente auch bei den Erscheinungen der Blutung aus den unverletzten Blättern bewurzelter Pflanzen mit zur Geltung kommen, daß eventuell, auch wenn der Blutungsdruck der Wurzeln nicht die nöthige Höhe erreicht, derartige Erscheinungen stattfinden können. Tritt Blutung aus den Blättern bewurzelter Pflanzen ein, so braucht selbst in den Fällen, wo die Druckerzeugung der Stengeltheile und Blätter selbst ungenügend ist, die Hauptleistung nicht dem Wurzeldruck oder seiner direkten Wirkung zuzufallen: es bedarf vielleicht nur eines ganz geringen Zuwachses von Seite des Wurzeldrucks oder es genügt, wenn die Leistung der Wurzeln den jüngeren Stengeltheilen reichlich Wasser zuführt und diesen die volle Aeußerung ihrer Leistungsfähigkeit ermöglicht oder auch, da sich der von den jüngeren Theilen ausgepreßte Saft auch nach einwärts, gegen das Innere der Pflanze bewegen wird, wenn die Thätigkeit der Wurzeln diesen Saft durch Erschwerung der Bewegung nach einwärts dazu veranlaßt, an der Oberfläche der Blätter hervorzutreten.

Das Gesagte bezieht sich zunächst auf die jüngeren Stengelregionen. Ob und inwieweit die von den Stengeltheilen älterer Regionen producirten Druckkräfte und ausgepreßten Saftquantitäten ausreichen, auch aus älteren Blättern Tropfen wässerigen Safts hervorzutreiben, habe ich noch nicht näher verfolgt, es gehört auch eingehende Besprechung ebensowenig in das hier behandelte Thema wie die genaue Erörterung des Wegs, welchen der aus jüngeren und älteren Blättern mit und ohne Wurzeldruck ausgepreßte Saft nimmt, sowie der Elemente, welche an dieser Leistung vor

[1]) Genaue Beschreibung dieses Versuchs siehe in den Nachträgen zur II. Abhandlung.



Allem betheiligt sind. Es mag aber in älteren Blättern Blutung aus der unversehrten Oberfläche Folge überwiegender oder alleiniger direkter Wirkung des Wurzeldrucks sein. Man beobachtet manchmal, daß solche Blutung selbst aus bereits vergilbten Blättern eintritt.

Übrigens deutet auch der nähere Verlauf der Blutung aus unverletzten Blättern bewurzelter Pflanzen darauf hin, daß in der That bei der Blutung aus jüngeren Blättern deren eigene Thätigkeit erheblich betheiligt ist. Vor Allem möchte ich den Umstand hervorheben, daß im Allgemeinen gerade die jüngsten Theile hinsichtlich des Austritts bevorzugt sind, indem in diesen meist die Blutung zuerst beginnt und oft auch am längsten nachhält, auch dann, wenn der Weg zu ihnen von den Wurzeln ein weiter ist, viel weiter als zu den älteren, tiefer inserirten Blättern. Man beobachtet oft genug, daß die Blätter von Sprößchen, welche aus älteren, zunächst mit den Wurzeln in Verbindung stehenden Stammtheilen oder direkt aus den Wurzeln entspringen, energische Blutung auf der unverletzten Oberfläche zeigen, während die älteren Theile oder die Querschnitte der Abstammungsorgane längst zu bluten aufgehört haben. Nach den Beobachtungen, welche ich bis jetzt angestellt habe, glaube ich auch nicht, daß die herrschende Ansicht ausreicht, in allen Fällen genügend Rechenschaft darüber zu geben, warum der Saft gerade an bestimmten Stellen zum Vorschein kommt. Eine befriedigende Aufklärung hat auch die Arbeit *Moll's*[1]) nicht geliefert.

Daß umgekehrt aus dem Unterbleiben der Blutung aus unverletzten Blättern keinerlei Schluß auf Mangel des Wurzeldrucks zulässig ist, ist schon deshalb selbstverständlich, weil es ja auch auf die Größe der zu überwindenden Widerstände ankommt. Ich habe in vielen Fällen gefunden, daß Blutung aus den Blättern unterblieb, während auf Querschnitten durch den Stengel oder die Wurzel eine energische und nachhaltige Blutung stattfand. Außerdem machen sich verschiedene andere Umstände geltend, mit welchen in Zusammenhang die Blutung aus den Blättern selbst mit hohem Wurzeldruck begabter kräftiger Pflanzen in feuchter Atmosphäre oft erstaunlich schnell, wie es scheint namentlich rasch im Dunklen, erlischt, während man auf den ersten Blick eine langdauernde Blutung aus den Blättern erwarten sollte, wie dies auch in manchen Fällen in der That

[1]) Untersuchungen über Tropfenausscheidung und Injektion bei Blättern. Amsterdam 1880.

beobachtet wird. In welcher Weise sich die Pflanzen an die feuchte Atmosphäre so zu sagen gewöhnen, d. h. welche Veränderungen bei dieser Gewöhnung stattfinden, ist hier nicht zu behandeln, wie überhaupt genaue Darlegung der auf die Blutung bewurzelter Pflanzen aus den Blättern bezüglichen Verhältnisse nicht im Plane dieser Arbeit liegt. Es mag das Gesagte vorläufig zur Motivirung der oben gemachten Aufstellung genügen, daß nämlich die Blutung aus der unverletzten Oberfläche bewurzelter Pflanzen nicht ohne Weiteres als Beweis der Thätigkeit eines Wurzeldrucks und noch weniger als Anhaltspunkt zur Schätzung der Höhe der Leistung des Wurzeldrucks genommen werden darf.

Nahezu 100 Spezies krautartiger Pflanzen, den verschiedensten Familien angehörig, habe ich in der unten zu beschreibenden Weise auf Blutungsfähigkeit der Wurzeln untersucht, wobei aus an derselben Stelle zu erörternden Gründen hauptsächlich ganz junge Pflanzen, vielfach im Keimlingsstadium, verwendet wurden: ausnahmslos bei allen Arten konnte Wurzelblutung constatirt werden. Auch das geprüfte Farenkraut (Asplenium ruta muraria) blutete aus Durchschnitten der Blattstiele[1]). Auch Milchsafterguß ist nicht im Stande, die spätere Ausscheidung wasserklaren Safts zu verhindern: so bei Scorzonera, Euphorbia, Lactuca u. a. Wie für Gramineenkeimlinge schon bekannt, äußert sich der Wurzeldruck schon im ganz jungen Zustande der Keimlinge, indem auf Querschnitten Blutung und zwar oft sehr kräftig eintritt; es ist deren Nachhaltigkeit selbst bei winzigen Keimlingen und dem Vorhandensein eines einzigen nur wenige Centimeter langen Würzelchens oft ganz erstaunlich, so z. B. bei Brassica, Lepidium, Camelina, Spergula, Fagopyrum u. s. w. Bei den meisten Arten tritt auch reichlich Saft aus der Oberfläche der Cotylen, zum Theil mit Bevorzugung bestimmter und mit dem Alter wechselnder Stellen hervor. Die winzige Menge von Reservestoffen, welche z. B. in dem Samen von Nicotiana, Papaver und anderer Spezies abgelagert sind, reicht nicht nur aus, um dem Keimling im Dunklen eine weitgehende Entwickelung zu geben, den Athmungsverlust Tage lang zu decken, sie genügt auch, um eine anhaltende und energische Blutung aus der Oberfläche der Cotylen stattfinden zu lassen. Aufzuklären bleibt, warum manche Keimlinge, welche auf Querschnitten stark bluten, aus der Oberfläche keinen Saft oder höchstens ausnahmsweise treiben

[1]) *Rosanoff* beobachtete Wasseraustritt aus Blättern von Polypodium fraxinifolium.



z. B. Chenopodium album, Trifolium pratense, Scorzonera hispanica. Andere Arten wieder bluten außerordentlich stark aus den Cotylen z. B. sämmtliche geprüfte Varietäten von Beta vulgaris, oft schon in einem Zustande, wenn die Cotylen noch nicht einmal vollständig aus der umhüllenden Schale herausgetreten sind. Man kann erwarten, erstens daß diese energische Leistung von Wichtigkeit ist für die Wasserzufuhr zu den transpirirenden Keimlingstheilen, zweitens daß diese reichliche Wasserausscheidung an der Oberfläche der Cotylen dem aus der Tiefe des Bodens emporstrebenden Keimling durch Erweichung der zu durchdringenden Erde, namentlich wenn sie verkrustet ist, von Vortheil ist, drittens daß das ausgeschiedene Wasser das Herausgleiten der Cotylen aus den umhüllenden Schalen insoferne erleichtert, als diese Schalen durch die Ausscheidung erweicht und, namentlich wenn sie über die Oberfläche des Bodens emporgehoben werden, deren Vertrocknung und Verhärtung verhindert wird[1]). Ob diese Ausscheidung auch von Bedeutung ist für Auflösung der Reservestoffe, wenn nämlich die Cotylen von Endosperm umschlossen sind, lässt sich èrst angeben, wenn die Qualität des ausgeschiedenen Safts und der genaue Zeitpunkt des Beginns dieser Ausscheidung bekannt ist.

Spezielle Aufzählung der untersuchten Arten halte ich für überflüssig, weil ich auf Grund der ausnahmslosen Aeußerung der Wurzelblutung bei allen Spezies die Erwartung hege, daß bei Berücksichtigung der unten zu erörternden Gesichtspunkte sich in allen Fällen Blutungsdruck wenigstens der jüngsten Wurzeltheile nachweisen lassen wird.

So bezüglich der krautartigen Gewächse. Was die Holzpflanzen betrifft, fällt vor Allem die große Verschiedenheit nach Spezies und Individuum auf: auf der einen Seite Weinstock, Birke und andere reichlich Saft liefernde Holzarten, auf der anderen Seite Esche, Linde, Kiefer und viele andere, welche niemals Blutung des Wurzelstocks erkennen ließen; und bei der nämlichen Art selbst starkblutender Hölzer z. B. des Ahorns, der Rothbuche finden sich Individuen, welche bei gleicher Untersuchungsweise keine Blutung ergaben. Immerhin aber wurde schon bei einer

[1]) Nach einer vorliegenden Notiz, deren Quelle mir leider entfallen ist, gedeihen tiefere Saaten von Vitis deshalb besser und liefern kräftigere Pflanzen, weil bei flacher Saat die Schale zu sehr austrocknet, wenn sie über den Boden gehoben wird in dem Maße, daß sie nicht zersprengt werden kann, das Endosperm vertrocknet und die Cotylen, welche sich nicht befreien können, gewöhnlich absterben.

erklecklichen Zahl von Holzarten Blutung aus dem Wurzelstock beobachtet, und die nachfolgende Zusammenstellung der einschlägigen Literatur zeigt, daß die Zahl dieser Arten viel größer ist, als man auf den ersten Blick annehmen möchte.

Schon bei *Dutrochet*[1]) heißt es: «Beaucoup d'arbres versent de la sève au printemps, comme la vigne, par la surface tronquée de leurs tiges, et bien que cet écoulement de la sève ascendante ne soit pas toujours très-abondant, il est cependant très facile à voir». Läßt man mit Beginn des Frühjahrs die zu untersuchenden Bäume fällen, «on voit cette sève (sc. den «aufsteigenden Saft») suinter plus ou moins abondamment de la surface du tissu ligneux de la souche», und zwar komme bei Bäumen ohne Kernholz Saft aus dem ganzen Holzquerschnitt zum Vorschein, so bei Pappeln, Birken, Weißbuchen, Ahorn, Rothbuchen u. s. w., bei Kernholz bildenden Hölzern aber nur aus dem Splint, so bei der Eiche, dem Apfelbaum, dem Kirschbaum. Es scheint, daß *Dutrochet* noch bei anderen Holzarten Blutung beobachtet hat.

Weitere Notizen, welche man wohl hieher beziehen kann, finden sich auch anderwärts. So sagt *Treviranus*[2]): «Bei den meisten Baumarten findet man ein bloßes Feuchtwerden des Holzes, bei einigen hingegen dringt aus Wunden desselben eine solche Menge Saft, daß er tropfenweise ausfließt. Von solchen nennt *Ray* Birke, Weinstock, Acer pseudoplatanus und campestre, Nußbaum, Hainbuche, Weide. An der letztgenannten Holzart habe ich dergleichen nie wahrgenommen, wohl aber an Cornelkirschen; auch an Erlenstämmen, die im Winter dicht über der Erde abgehauen sind, pflegt im Frühjahr der von der Wurzel aufgestiegene wässrige Saft an vertieften Stellen der Trennungsfläche sich zu sammeln. Auch tropische perennirende Stämme gaben aus ihren holzigen Theilen eine Menge wässrigen Safts, so Omphalea diandra, Thoa urens, Tetracera potatoria. Nach *Fermin* geben einige nicht genannte Schlingpflanzen von Guyana, einen Fuß über der Erde durchschnitten, reines kühles Wasser. Von Monocotylen zeichnen sich aus der Pisang, die Kokospalme und andere Palmen».

---

[1]) l. c. p. 192.

[2]) Physiologie I (1835), p. 291. — Vergl. auch *Meyen*, N. System der Pflanzenphysiologie I, p. 250. — Der Zuckergehalt des Palmen- und Agavensafts ist besonders bemerkenswerth, und liegen hier die näheren Vorgänge noch ganz im Dunklen.



Vielfache Beobachtungen über Bluten heimischer Holzarten hat *Th. Hartig* gemacht. So giebt er an[1]), er habe bei Kiefer, Fichte, Eiche, Esche, Linde, Roßkastanie[2]) nicht einmal ein auffallendes Naßwerden der Hiebsflächen an Stöcken oder Asthieben auffinden können, wie dies bei Pirus, Prunus, Robinia, Alnus, Castanea, Salix, Populus, Abies und Larix nicht selten zu sehen sei; tropfenförmigen Erguß von Holzsaft aus Wundflächen habe er aber nur an Fagus, Carpinus, Betula, Juglans, Acer, Cornus und Vitis beobachtet. Diese Beobachtungen beziehen sich alle auf die Frühjahrszeit, und man ist nicht sicher, inwieweit bei den spärlich blutenden Hölzern Erwärmung der Holzluft eingriff.

Diesen Holzarten fügt *Hartig* später[3]) bei die Eiche: Am 15. August wurde ungefähr ein Dutzend Eichenstangenhölzer von 3 bis 6 Zoll Stammdurchmesser gefällt. Die Stöcke von 4 derselben bluteten so stark wie Birke und Hainbuche im Frühjahr, 3—4 Stöcke zeigten nur eine nasse Oberfläche, die übrigen blieben trocken. Die Blutung dauerte bis in den September hinein. — Populus serotina und canadensis begannen am 17. April zu bluten. Die Blutung dauerte bis zum 6. Juni. Als Beispiel individueller Verschiedenheiten möge angeführt sein, daß von 10 nebeneinander stehenden angebohrten Rothbuchen nur 3 Safterguß gaben.[4])

Zu diesen Holzarten kommt noch als blutend Virgilia lutea[5]). An dieser Stelle ist auch bemerkt, daß Hasel und Erle nicht bluten, bei der Erle aber im Sommer gehauene Stöcke einige Male Safterguß lieferten. Die von demselben Forscher[6]) in einigen Jahrgängen beobachtete Tropfenausscheidung aus den Knospen (zum Theil auch den jungen Trieben) der Hainbuche, Schwarzpappel, Eiche, Hartriegel, Weißdorn, Rose[7]), Wildapfel ist bezüglich der Betheiligung des Wurzeldrucks zweifelhaft, da auch die

---

[1]) Botanische Zeitung 1858, Nr. 44.

[2]) «*Mirbel* bemerkte an einem Roßkastanienbaume, in den er einen Einschnitt gemacht hatte, daß der aufsteigende Nahrungssaft tropfenweise floß und des Nachts reichlicher als am Tage.» *De Candolle's* Pflanzenphysiologie, übersetzt von *Röper*, Bd. I, p. 77. — Nähere Angaben fehlen.

[3]) Botan. Zeitung 1861, Nr. 3. — 1862, Nr. 12.

[4]) *Hartig*, ibid. 1863, Nr. 38.

[5]) *Hartig*, Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen, p. 348.

[6]) Botanische Zeitung 1862, Nr. 11.

[7]) «*Adams* schnitt im Juli die Spitze einer Rosa rubiflora (r. rubrifolia) ab und sah in 40 Minuten eine Unze Nahrungssafts ausfließen, in einer Woche lieferte die Wurzel 31 Unzen.» *De Candolle* l. c., p. 75. Auch hier fehlen nähere An-

Druckkraft der Stammtheile betheiligt gewesen sein wird, und es überdies für die meisten der aufgezählten Holzarten unwahrscheinlich ist, daß der Wurzeldruck eine für direkte Wirkung genügende Höhe erreichte. Uebrigens beobachtete *Th. Hartig* einmal die Knospenblutung bei noch gefrorenem Boden[1]). Noch zweifelhafter sind die wiederholt beobachteten Tropfenausscheidungen der Blätter von Weiden und Pappeln[2]), welche bei heißem, stillem Wetter eintreten sollen.

Clark[3]) fand, daß unter 24 Arten von jungen Bäumen, die am 28. August einen Fuß über der Erde abgeschnitten wurden, nach 15 Stunden Betula lenta einige Tropfen lieferte, während bei einer Erle, Betula lutea, Acer rubrum, bei einem Cornus, Ostrya virginica, dem Apfelbaum, Ulmus americana, Pinus strobus die Querschnitte der Stümpfe feucht wurden. In einer zweiten Arbeit resumirt derselbe Beobachter, daß die große Mehrzahl der Bäume und Sträucher zu keiner Jahreszeit aus Wunden blute. Von mehr als 60 Spezies bluteten nur die der folgenden Gattungen: Betula, Acer, Vitis, Ostrya, Juglans, Carya; merkwürdiger Weise sind Fagus und Carpinus als zweifelhaft hingestellt, während doch die beiden letztgenannten zu den bei uns durchschnittlich stärkst blutenden Holzarten gehören.

---

gaben; es ist nicht ersichtlich, ob nicht vielleicht Zersetzungen betheiligt waren. — Erguß von Zersetzungssaft kommt bekanntlich bei Bäumen öfter vor.

1) Anatomie und Physiologie der Holzpfl., p. 347.

2) *Treviranus* l. c., p. 500. — *Meyen* l. c. II, p. 511. — *Unger*, Ueber die Allgemeinheit wässriger Ausscheidungen, Sitzungsber. der Wiener Akad., Bd. XXVIII, 1858, p. 4 des Sep.-Abdr. Hier ist auch von Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers an den Blättern der Rebe die Rede, welche öfter einzutreten scheint und neuerdings auch von *Moll* (l. c., p. 7) beobachtet wurde. Uebrigens habe ich gefunden (Abhdl. II, Flora 1882, p. 105), daß solche Ausscheidung auch an den Blättern unbewurzelter Abschnitte eintritt. — Ferner *Pitra*, Pringsheim's Jahrbücher, Bd. XI, 1878. — Was es mit der Tropfenausscheidung der Raintrees der Anden (Pithecolobium saman und anderer Arten) für eine Bewandtniß hat, wäre erst noch zu untersuchen (vergl. *A. Ernst*, botan. Zeitung, 1876. — *De Candelle*, Physiologie I, p. 225. — Nach *Unger's* Mittheilung [l. c., p. 4] soll bei Caesalpinia pluviosa das Wasser aus den Knospen hervordringen. — Eine Zusammenstellung der auf die «Regenbäume» bezüglichen Angaben von Reisenden findet sich in der populären Schrift von *Cooke*, Freaks and Marvels of Plant Life, p. 13—16.)

3) Nach Referaten in Flora 1875. — Verf. machte seine Beobachtungen in Nordamerika.



Horvath[1]) bekämpft die Anschauung, als sei die «Wurzelkraft» Gemeingut fast aller höheren Pflanzen. Er beobachtete niemals Saftausfluß bei Taxus baccata, Aesculus hippocastanum, Syringa vulgaris, Glycine chinensis, Hibiscus syriacus, Ampelopsis quinquefolia, Gymnocladus canadensis, Sambucus nigra, Clematis vitalba, Thuja, Humulus, Menispermum, Ficus carica, Hedera helix, Mahonia. Die Prüfung geschah im Frühjahr zur Zeit der Knospenentwickelung. Alle Pflanzen sogen Wasser aus den aufgesetzten Röhren, zeigten aber niemals ein Steigen der Flüssigkeit. Wir werden sehen, daß dieser Weg ganz ungeeignet ist, wenn der Blutungsdruck bei Holzpflanzen mit geringerer Gesammtleistung des Wurzelstocks aufgefunden werden soll.

Pitra giebt (l. c.) an Blutung der Wurzelstöcke von Pittosporum tobira, Pinus insignis (Artbestimmung unsicher), Siphocampylus luteus, Thuja occidentalis, Acacia leptophylla, Cupressus horizontalis und funebris, Prunus laurocerasus, Picea alba. Andere Holzarten, darunter Buxus sempervirens, Taxus baccata, Pittosporum tenuifolium wurden vergebens untersucht.

Die Zahl der Holzarten, an denen Blutung aufgefunden wurde, ist demnach in der That eine sehr beträchtliche, und es kehren von heimischen, gewöhnlich als nicht blutend bezeichneten Holzarten mehrere in den Angaben verschiedener Beobachter wieder. Es ist auch nicht schwer, die Zahl der blutenden Arten zu vermehren und Blutung aus Wurzelstöcken auch bei solchen Holzarten aufzufinden, für welche gegentheilige Befunde vorliegen. In Abhandlung II dieser Untersuchungen ist Vorkommen der Blutung aufgeführt bei Wurzelstöcken von Salix, Sambucus Tilia. Die Angabe von *Horvath*, daß Humulus nicht blute, ist sehr auffällig und spricht für ungenügende Ausdehnung der Versuche dieses Beobachters, da die starken Saftergießungen aus Wunden der Hopfenreben auch im Sommer in Gegenden mit Hopfenbau allgemein bekannt sind. Von Ampelopsis habe ich drei, in Sand eingewurzelte Stöcke geprüft, welche sämmtlich kräftig bluteten[2]).

Offenbar kann es bei der derzeitigen Sachlage kein besonderes Interesse beanspruchen, wenn den als mehr ausnahmsweise blutend bekannten

[1]) Beiträge zur Lehre über die Wurzelkraft. Straßburg 1877.

[2]) Nach einer Mittheilung in *Pfeffer's* Physiologie I, p. 156, beobachtete auch *Wilson* Blutung bei einem Topfexemplar von Ampelopsis.



Arten neue beigefügt werden; der Schwerpunkt fällt vielmehr in die Ermittelung allgemeiner Gesichtspunkte, deren Verfolgung geeignet sein könnte, die Ursachen des abweichenden Verhaltens der einzelnen Holzarten aufzudecken und damit auch die Frage zu entscheiden, ob der Wurzeldruck auch bei den Holzpflanzen allgemein vorkommt. Die Erwägungen von denen ich ausging, knüpfen zunächst an die Entscheidung der Frage, ob bei der Leistung des als blutend erkannten Wurzelstocks einer Holzpflanze bloß die jüngsten oder auch ältere Theile des Wurzelsystems betheiligt sind.

Der erste Forscher, welcher festzustellen suchte, in welchen Theilen des Weinstocks eigentlich die Blutung bewirkende Kraft ihren Sitz habe, ist *Dutrochet*[1]). Da der Zweig eines blutenden Weinstocks, am Boden durchschnitten, aus der oberen Schnittfläche zu bluten aufhörte, vielmehr der darin enthaltene Saft auf der nach abwärts gekehrten Schnittfläche ausfloß, während das im Boden befindliche Stammstück zu bluten fortfuhr, zog er den Schluß, die Blutungskraft könne ihren Sitz im Zweige nicht haben, die Organe des Zweigs verhielten sich ganz passiv. Es wurde nun die Erde beseitigt, die Wurzel entblößt und quer durchschnitten: der Safterguß geschah nur aus dem unteren, im Boden befindlichen Wurzeltheil. Diese Ausgrabungen wurden immer weiter fortgesetzt bis zu den Faserwurzeln, und immer ergoß sich der Saft aus dem vorderen Wurzelstück. *Dutrochet* glaubte deshalb, daß die Wurzelkraft ihren Sitz in den Extremitäten der Wurzel habe, eine Ansicht, in der er umsomehr bestärkt wurde, als es ihm gelang, an dem Querschnitt einer mit dem «Schwämmchen» allein in Wasser getauchten Faser etwas Saft austreten zu sehen. Quantitative Bestimmungen der Leistungsfähigkeit dieser jüngsten Theile wurden nicht gemacht, und es ist nicht nothwendig, weiter zu erörtern, daß auf diesem Wege keine Entscheidung darüber gewonnen werden kann, ob bei der Gesammtleistung eines Wurzelstocks nur die jüngeren oder auch die älteren Theile mit eingreifen[2]).

---

[1]) Mém. pour servir etc.

[2]) Auf welchem Wege *Dassen* gefunden hat (cit. bei *H. Hoffmann*, ein Diffusionsversuch), daß Reben mit abgeschnittenen Wurzelspitzen nicht bluteten, ist mir unbekannt. Belege über Blutung ohne Wurzelspitzen finden sich in Abhandlung I u. II dieser Untersuchungen genug, und habe ich speziell in den Nachträgen zu Abhdlg. II Blutung eines bewurzelten einjährigen Weinfechsers, dem alle jüngeren Würzelchen genommen waren, näher beschrieben.



Hofmeister verweist in der ersten seiner grundlegenden Abhandlungen (p. 157) allgemein auf das endosmotische Verhalten der in bestimmten Zellgruppen der Wurzeln eingeschlossenen löslichen Stoffe zum Wasser des Erdbodens. «Solcher Stoffe finden sich vor Beginn des Blutens fast nur in den Markstrahlzellen . . . die an Stärkmehl und an löslichen Stoffen reichen Zellen der Markstrahlen und der inneren Wurzelrinde sind von dem im Erdboden vertheilten Wasser getrennt durch die wenigen, 5 bis 8 Zellschichten der äußeren Wurzelrinde, deren Inhalt in seinem Verhalten zu Reagentien als eine schwache Lösung organischer Substanz sich zu erkennen giebt. . . Der Gehalt der Rebe an löslichen und aufquellenden Stoffen ist sehr beträchtlich. Aus fein geraspeltem Holz lassen sich mit kaltem Wasser anfangs Februar über 8 % auslaugen u. s. w.» Weiter erinnert er an die anatomischen Verhältnisse einer zweijährigen Rebwurzel, an die große Zahl der Markstrahlen. «Der von den saugenden Theilen der Wurzel aufwärts getriebene Saft trifft überall im Holzkörper auf Gewebe (die Markstrahlen), denen ähnlich, welche sein Aufsteigen einleiteten und deren Berührung unmittelbar seine Spannung steigern muß» (p. 160). — Die treibende Kraft hat ihren Sitz in den Wurzeln, «aber nicht in den Wurzelspitzen und den jüngeren Theilen der Wurzeln. Einjährige Adventivwurzeln, von bis zu 110 mm Länge und 3 mm Durchmesser, auf angemessene Weise an Manometer geringeren Kalibers befestigt und in Wasser getaucht, bringen kein oder doch nur sehr geringes Steigen (bis 5 mm) des Quecksilbers zu Wege». — Aehnlich in der Abhandlung vom Jahre 1862: «Stark thränende Pflanzen sind vorzugsweise reich an Inhaltsstoffen von Zellen des Holzkörpers» u. s. w.

Man muß hieraus entnehmen, daß *Hofmeister* den richtigen Grundsatz vertrat, daß bei der Gesammtleistung auch die älteren Wurzeltheile nach Maßgabe ihres Aufbaus aus Elementen mit osmotisch wirksamen Inhaltssubstanzen betheiligt sind [1]). Es ist mir nicht klar geworden, wie verschiedene Widersprüche zu lösen sind, welche in an anderen Stellen niedergelegten Aeußerungen des nämlichen Autors zu liegen scheinen. Weiterhin sagt er: «Es bleibe vorläufig dahingestellt, inwiefern das Aufquellen von Inhaltsstoffen von Zellen an dem von der Wurzel ausgehenden Druck sich betheiligt, es ist auch, davon abgesehen, in den Wurzeln

[1]) Die nämliche Anschauung hatte wohl auch *Unger*, Studien über die sog. Frühlingssäfte, Sitzungsber. der Wiener Akad., Bd. XXV, 1857, p. 9 des Sep.



eine Kraft vorhanden, welche völlig hinreicht, die Spannung des Wurzelsafts auf die beobachtete Höhe zu bringen; diese Kraft ist die Spannung des lebenden Zellgewebes selbst».

Sachs spricht sich folgendermaßen aus[1]: «Der Sitz der den Saft emportreibenden Kraft ist in den wachsenden, Wasser aufsaugenden Wurzeln zu suchen... *Hofmeister* verlegt den eigentlich thätigen Theil der Wurzeln an die noch jungen, der Spitze nahen, in lebhafter Streckung und Gewebespannung begriffenen Stellen ... Es genügt hervorzuheben, daß der Gesammteffekt, den man am Querschnitt einer Hauptwurzel oder des Wurzelhalses wahrnimmt, sich aus den Thätigkeiten jüngerer, in Wachsthum befindlicher Wurzeltheile summiren kann und daß mit der Anzahl und Länge der thätigen Wurzelstücke die Gesammtwirkung also sich steigern kann». — «Dieser im Holz und zwar in den Hohlräumen der Gefäßröhren aufsteigende Wasserstrom kann nur durch einen in den tieferen Theilen der Wurzel thätigen Druck bewirkt werden ... Die Saugung kann nur durch endosmotische Wirkung der Parenchymzellen der Wurzelrinde vermittelt werden; nimmt man an, daß die endosmotische Kraft derselben sehr groß ist, so wird sich in ihnen eine große Turgescenz entwickeln» u. s. w.[2]).

Nach *Sachs* ist also der Wurzeldruck speziell das Product der Thätigkeit der Parenchymzellen der Wurzelrinde. Allenfallsige Betheiligung älterer Wurzeltheile oder anderer Gewebe ist nicht berührt, und auch bei Pfeffer (Pflanzenphysiologie) vermag ich keine Stelle zu finden, in der von einer Leistung der älteren Wurzeltheile die Rede ist. Doch liefert dieser Autor eine allgemeinere Darstellung des Problems und er vermeidet es sogar, die natürlich nur einen Spezialfall bildende Leistung der Wurzeln als «Wurzeldruck» zu bezeichnen. Im Allgemeinen wird man sagen können, daß vom Antheil der älteren und jüngeren Wurzeltheile und von der Betheiligung der einzelnen Gewebe beim Zustandekommen des Blutungsdrucks der Wurzeln noch blutwenig bekannt ist, während doch die ans Thatsächliche sich anschließende Theorie hiervon zunächst ausgehen und alle Einzelheiten des anatomischen Aufbaus in Berücksichtigung ziehen muß. Merkwürdiger Weise hat keine der vielen Abhandlungen über den

[1]) Experimentalphysiologie, p. 203.
[2]) Lehrbuch, IV. Aufl., p. 648 u. 659.



Wurzeldruck Feststellung dieser Verhältnisse zum Vorwurf der Untersuchungen genommen.

Es liegt nicht im Plane dieser Arbeit, diese Verhältnisse einer eingehenden Besprechung zu unterziehen, um so weniger, da ich die Untersuchungen hierüber noch nicht in befriedigender Ausdehnung durchgeführt habe. Es genügt auch für das vorliegende Thema, wenn nur einiges hierher bezügliche Material Erwähnung findet. Zunächst sei auf eine Reihe von Mittheilungen der II. Abhandlung verwiesen, aus denen die Fähigkeit älterer Wurzeltheile, Saft auszupressen, ersichtlich ist. So bluteten Abschnitte des Wurzelholzes von Juglans regia (bis 3 cm dick und noch dicker), Acer sp. (bis 4 cm dick), Vitis vinifera (bis 5 cm dick — wegen der Weite der Tracheen läßt sich hier die Leistung der aus Parenchym und Stärkemehl führenden Fasern bestehenden intertrachealen Elemente besonders deutlich erkennen), Betula alba, Corylus avellana, Carpinus betulus, Fagus silvatica, Alnus glutinosa, Pirus malus u. s. w. auf den oberen Querschnittflächen. Und wenn Wurzelabschnitte anderer Arten, z. B. von Robinia, Populus keine, mancher Arten nur geringe Saftausscheidung auf dem nach oben gekehrten Querschnitt der Wurzelabschnitte äußerten, so spricht dies selbstverständlich nicht gegen die Voraussetzung, daß auch in diesen die osmotisch wirksame Stoffe führenden Elemente nach Maßgabe des Gehalts hieran und anderen Umständen zur Saftauspressung fähig sind, also an der Gesammtleistung des Wurzelsystems sich betheiligen. Die Art der Versuchsanstellung und andere Umstände bringen es mit sich, daß überhaupt nicht einmal ein direkter Zusammenhang zwischen der Leistungsfähigkeit der Elemente des Holzkörpers und der Ausgiebigkeit der Blutung auf dem oberen Querschnitt zu bestehen braucht. Jedenfalls aber genügt der eingeschlagene Weg in vielen Fällen zur Erkennung der Blutungsfähigkeit älterer Wurzelabschnitte und es wurde solche auch bei allen als stark blutend bekannten heimischen Holzgewächsen nachgewiesen, ohne sich aber auf diese wenigen Holzarten zu beschränken. Daß die Leistungsfähigkeit nicht etwa mit der Zahl der Jahrringe zuzunehmen braucht, ist selbstverständlich, äußert sich aber auch bei den Versuchen daran, daß besonders die jüngeren Holzschichten dickerer Wurzeln auf dem Querschnitt starke Blutung zeigen, bei mehreren Arten war die Saftausscheidung überhaupt auf die äußeren Lagen des Holzkörpers beschränkt.

Da *Hofmeister* speziell die Leistung der Markstrahlen in Anspruch nimmt, sei hier an die ebenfalls in Abhandlung II beschriebenen Versuche mit Aststücken erinnert, an welchen eine tangentiale Schnittfläche durch das jüngere Holz hergestellt war. Mit der Längsachse horizontal, die Schnittfläche nach aufwärts, in nassen Sand gelegt, konnte Ausscheidung von Safttropfen auf der Tangentialfläche beobachtet werden, manchmal deutlich aus den Markstrahlen. Jüngst angestellte Versuche ließen auch bei Zweigabschnitten von Vitis deutlich Saftaustritt aus den Markstrahlen erkennen. Bei Wurzeln habe ich derartige Versuche bis jetzt nicht angestellt.

Von den holzigen Wurzeln führen mannigfache Uebergänge zu den fleischigsaftigen; diese sind je nach der näheren Beschaffenheit des anatomischen Baus in verschiedener Weise befähigt Blutungsdruck zu äußern. Eine Uebergangsform wäre die Wurzel von Humulus, einer, wie oben angegeben, stark blutenden Pflanze: Abschnitte jeden Alters zeigen auf Querschnitten kräftige Blutung. Die Blutung saftiger Wurzelkörper habe ich constatirt bei Brassica, Raphanus, Beta, Dahlia, Bunias, Mirabilis jalappa und anderen. Sie ist oft sehr kräftig und noch viel kräftiger, als ich früher[1]) beobachten konnte. Die Besonderheiten des anatomischen Baus und mancherlei auf die Säftebewegung in diesen fleischigen Wurzelkörpern bezügliche Beobachtungen veranlassen aber zu einer gesonderten Darstellung ihrer Saftbewegungsvorgänge, und mögen daher die gemachten kurzen Bemerkungen an dieser Stelle genügen.

Während in den bis jetzt angegebenen Fällen die Hauptleistung den Elementen des Xylems zufallen dürfte, wird in anderen Fällen, bei anderem anatomischem Aufbau die Thätigkeit des Rindenparenchyms der älteren Wurzeltheile maßgebend sein. So ist es wahrscheinlich bei vielen Wurzeln krautartiger Gewächse, es gehören auch hierher — nähere Untersuchung vorbehalten — die älteren Wurzeltheile von Asparagus, Iris, Helianthus tuberosus.

Der Spargel gehört zu den auf dem Stengelquerschnitt stark blutenden Gewächsen. Die Wurzeln eignen sich wegen ihrer Dicke ganz besonders für verschiedene Untersuchungen, z. B. über das Verhalten der einzelnen Gewebsschichten und werden im weiteren Verlaufe dieser Untersuchungen noch mehrfach als Versuchsobjekte Erwähnung finden. Im Spätherbst wurden kräftige zweijährige Pflanzen ausgegraben und in Sand

[1]) Abhandlung I. (Flora 1881).



gepflanzt. Die Wurzeln befanden sich zur Zeit der Ausgrabung (November) in Ruhe, sie hatten das Längenwachsthum eingestellt und endigten mit einer stumpf kegeligen, plötzlich verjüngten Spitze. Bis zum Beginn der Versuche hatten sie aber das Wachsthum fortgesetzt. Die zu dem nachfolgend im Detail beschriebenen Versuche am 5. Januar ausgewählten 4 Wurzeln waren 22—25 cm lang und hatten bereits Neuzuwachse, bis zu 2,5 cm lang, entwickelt. Diese Wurzeln wurden in Abschnitte von 4 cm Länge getheilt, diese in nassen Sand gesteckt.

Bis zum nächsten Tag tragen nur die jüngsten Abschnitte einen Tropfen auf dem Centrum. — Bis zum 7. Jan. haben die jüngeren Abschnitte etwas Saft aus der Mitte getrieben, bei einer Wurzel blutet der jüngste Abschnitt, welcher mit der Spitze endigt, kräftig auf der Mitte, ebenso das nächstjüngste Stück dieser nämlichen Wurzel. — Am 9. Jan. tragen viele Abschnitte jeden Alters Saft auf dem Centrum. Bei mehreren läßt sich erkennen, daß anscheinend die innere Rindenregion bei der Blutung betheiligt ist. — Am 10. Jan. bluten fast alle Abchnitte aus dem Centrum. Bei einem jüngeren Abschnitt liegt ein Tropfen deutlich auf der Mitte der Rinde (zwischen Holzring und Peripherie), bei 2 Abschnitten deutlich auf dem Centrum innerhalb des Rings. Bei den übrigen ist die Stelle des Austritts wegen der größeren Ausbreitung des Tropfens nicht sicher zu erkennen. Ein Querschnitt trägt zwei Tropfen, je einen beiderseits vom Holzring. Abschnitte sämmtlich gesund. — Am 11. Jan. die meisten Abschnitte mit wasserklarem, zum Theil ziemlich großem Tropfen auf der Mitte u. s. w. Weiterhin werden bei mehreren Abschnitten die Schnittflächen schimmelig, einzelne jüngere Stücke zerweichen, einzelne bluten noch längere Zeit fort. Erwärmung treibt öfter Saft und Luftblasen aus dem Querschnitt der Rinde hervor. — Vom 20. Jan. ab nirgends mehr Saft. Die noch übrig gebliebenen Abschnitte werden am 28. Jan. untersucht: sie sind gesund, viele von ihnen haben Würzelchen getrieben. Nun werden die Schnittflächen erneuert, die Würzelchen beseitigt, die Stücke abermals in nassen Sand gesteckt. Bis zum 30. Jan. tragen fast alle Abschnitte klare Tropfen auf der Mitte.

Solche Versuche habe ich mit noch längeren Spargelwurzeln viele und mit demselben Erfolg angestellt. Auf das Verhalten der einzelnen Gewebsschichten, wie es sich schon in obigem Versuch bemerkbar macht, kann ich an dieser Stelle nicht eingehen.

Ganz wie Asparagus verhalten sich die älteren Theile der Wurzeln von Iris. Die untersuchte Art (Iris pumila) blutet sehr kräftig und anhaltend auf Querschnitten durch die Blatttriebe, und es treiben auch Wurzelabschnitte beliebigen Alters, in nassen Sand gesteckt, Saft auf dem Querschnitt, wenn auch wie bei Asparagus die jüngeren Regionen hinsichtlich der Leistung bevorzugt zu sein scheinen.

Aehnliche Versuche wurden auch angestellt mit älteren Theilen der Wurzeln von Helianthus tuberosus. Es wurden z. B. aus der ältesten Region 20—25 cm langer Wurzeln 5 cm lange Abschnitte entnommen, deren Durchmesser in dem speziellen Fall am dickeren Ende 2—3 mm betrug. Diese Abschnitte wurden nach Beseitigung aller Seitenwurzeln in nassen Sand gesteckt. — Nachdem der Versuch 4 Uhr p. m. begonnen hatte, trugen 7 Uhr p. m. mehrere Abschnitte starke Tropfen auf der Mitte, welche abgetrocknet wurden. Bis zum nächsten Tage hatten sich diese Tropfen erneuert, zum Theil erschienen sie sofort nach dem Abtrocknen wieder, anscheinend aus dem Holzring, sie hatten sich bei stündlich wiederholtem Abtrocknen immer wieder ersetzt. Vom 3. Tage ab bluteten nur mehr einzelne Abschnitte u. s. w. In diesen und anderen Fällen äußert sich die Blutungsfähigkeit unter verhältnißmäßig ungünstigen Versuchsbedingungen, und wir dürfen wohl erwarten, daß im normalen Zusammenhang die Leistungsfähigkeit noch erheblich größer werden kann. Jedenfalls entstammten die Abschnitte einer Wurzelregion, deren Längenwachsthum längst vorüber war. Daß auch Gelegenheit zur Wasseraufnahme an der Oberfläche dieser älteren Region gegeben ist, wird anderwärts gezeigt werden.

Auch aus Beobachtungen der folgenden Art kann auf die Betheiligung der älteren Wurzeltheile bei der Gesammtleistung des Wurzelsystems geschlossen werden.

Es waren Topinamburknollen über der Oeffnung von Bechergläsern derart angebracht, daß die entstehenden Wurzeln ins Wasser der Bechergläser hinabwuchsen. Die Wasserzufuhr zu den Knollen und den aus diesen entspringenden Trieben geschah bloß durch diese Wurzeln. Nun wurden von den Knollenwurzeln einzelne stärkere, einige Millimeter dicke, direkt aus dem Knollen entspringende in 2—6 cm Abstand vom Knollen durchschnitten. Diese von den Flanken der Knollen frei in die Luft ragenden Stummel bluteten tagelang kräftig fort. Sie mußten das Wasser

aus dem Mutterknollen beziehen und wenn auch nachgewiesen ist, daß das Knollengewebe selbst auspressend wirkt, wird man doch als nächste Erklärung annehmen dürfen, daß diese Stummel dem Mutterknollen Wasser entziehen oder dasselbe durch Auspressung aus demselben zugeführt erhalten und sich mit Wasser sättigend eine energische Auspressung derselben auf der Wundfläche bewirken. Fs würden sich diese Wurzelstummel mit ihrem energisch Wasser anziehenden Gewebe zum weniger thätigen Knollengewebe verhalten wie die jüngere Region eines Stengels, in welche die vom Wurzeldruck gehobene Saftsäule nur mit geringer Kraft eindringt, von den Elementen der jüngeren Region aufgenommen energisch weiter gepreßt wird. Ja es könnten solche Wirkungen selbst dann eintreten, wenn in den älteren Theilen verhältnißmäßige Wasserarmuth herrscht, solange eben die Wasser anziehende Kraft der jüngeren Theile ausreicht, auch unter solchen Umständen genügend Wasser an sich zu ziehen.

Auch bei Kartoffeltrieben, welche in feuchter Atmosphäre aus Knollen emporwachsen und sich mit in die Luft ragenden Wurzeln bedecken, habe ich beobachtet, daß energische und anhaltende Blutung aus Durchschnitten solcher Luftwurzeln hoch über dem Knollen eintrat; es konnten diese Wurzeln das Wasser nur aus den Abstammungsstengeln erhalten. Indessen können auch die anderen, an denselben Stengeln befindlichen, in Wasser tauchenden Wurzeln das Wasser in die in der Luft befindlichen Wurzeln hinauf- und hinausgepreßt haben.

Obige Angaben enthalten in einer zur Rechtfertigung des folgenden Ideengangs genügenden Weise den Beweis, daß die Blutung eines Wurzelstocks nicht das alleinige Resultat der Leistung der jüngsten Wurzeltheile zu sein braucht, sondern daß sich auch ältere und selbst sehr alte Regionen des Wurzelsystems hieran betheiligen können. Wie sich quantitativ die Leistungen der jüngeren, deren Ausdehnung ja auch erst abzugrenzen ist, zu den älteren Theilen des Systems verhalten, wie sich überhaupt das Zusammenwirken beider gestaltet, soll an dieser Stelle nicht erörtert werden. Es ist aber sicher, daß selbst im Falle einer verhältnißmäßig unbedeutenden Leistung eines gegebenen älteren Wurzelstückchens unter Umständen bei der oft großen Ausdehnung dieser älteren Wurzeltheile und ihren vielfachen Verzweigungen die Gesammtleistung eine große werden kann. Weiter ist von vornherein einleuchtend, daß

die Thätigkeit älterer Theile vor Allem abhängt von der Zahl osmotisch thätiger Elemente, welche sie enthalten, von deren Anordnung, von der Menge in sie eintretender osmotisch wirksamer Substanzen, was wieder in Beziehung zur Gesammternährung der Pflanze steht, bei in die Dicke wachsenden Wurzeln von der Ausdauer der Leistungsfähigkeit der älteren Jahresschichten und von vielen anderen Umständen — kurz wir können annehmen, daß sich von einer energischen Betheiligung der älteren und ältesten Wurzeltheile bis zu einer fast vollständigen Passivität derselben alle möglichen Uebergangsstufen finden. Je mehr sich die älteren Theile der Passivität nähern, um so mehr wird natürlich die Blutung des Wurzelstocks das alleinige Resultat der jüngeren Theile sein, unter Umständen vielleicht bloß von der Leistung der allerjüngsten Regionen rühren.

Denken wir uns nun den Fall einer Holzpflanze mit langgestreckten Wurzelästen, an deren Enden die jüngsten Verzweigungen auspressend wirken, während die älteren Theile vollständig passiv seien. Wie weit diese jüngsten Theile unter den gegebenen Widerständen aufwärts Saft zu pressen im Stande sind, wissen wir nicht, es muß dies aber seine Grenzen haben, demzufolge der Fall eintreten könne, daß die Gesammtleistung der Wurzelfasern, die ja an verschiedenen Wurzelästen wirken, nicht ausreicht, um Saft hervorzutreiben, wenn wir diese Holzpflanzen am Wurzelhals fällen. Am Querschnitt erscheint vielleicht überhaupt kein Saft oder derselbe wird nur ganz wenig naß, und würden wir auf diese Schnittfläche Wasser bringen, so würde dasselbe rasch versinken. selbst dann, wenn der Blutungsdruck der Wurzeln genügend wäre, einen Theil der Leerräume des Holzkörpers mit Wasser zu füllen. Denn das Saugen kann erst unterbleiben, wenn die Erfüllung dieser Räume eine vollständige oder wenigstens sehr weitgehende ist. Außerdem könnte der Fall eintreten, daß die Saftsäule in einzelnen Schichten des Holzkörpers höher aufwärts steigt, auf dem Querschnitt hier vielleicht sogar hervordringt: auch in diesem Falle würde Wasser versinken, da ja die Safterfüllung der Leerräume nur eine schichtenweise ist. Haben wir auf die Wundfläche Wasser gebracht bis zur Sättigung des Holzkörpers, so ist es wenig wahrscheinlich, daß ein Steigen der Saftsäule eintritt, nachdem die Leistung der Wurzeln an sich nicht einmal ausreicht, um genügend Saft bis zur Höhe der Wundfläche zu heben. Im Einzelnen

könnte der ganze Vorgang abweichend verlaufen bei verschiedener Zahl und Stärke der thätigen Fasern, bei verschiedener Energie ihrer Leistungsfähigkeit, bei verschiedener Anordnung derselben und der ganzen Configuration des Verzweigungssystems der Wurzeln u. s. w.: eine ganze Schaar von aus inneren oder äußeren Ursachen rührenden Umständen kann sich hier geltend machen und die weitgehendsten Verschiedenheiten hervorrufen. Keinenfalls aber haben wir ohne Weiteres das Recht, auf die Leistungsunfähigkeit der jüngsten Theile oder geringe Gesammtleistung derselben zu schließen, wenn sich letztere gerade nicht da äußert, wo wir es erwarten, nämlich im Saftaustritt auf dem Querschnitt oder gar im Bluten aus einem oben am Baum angebrachten Bohrloch; wenn auf dem Querschnitt des Wurzelstocks kein Saft erscheint, sondern sogar aufgesetztes Wasser hier versinkt.

Viel günstiger werden sich die Verhältnisse gestalten, wenn sich auch die älteren Wurzeltheile an der Leistung betheiligen, mag diese Thätigkeit von dieser oder jener Gewebeform ausgehen. Solche Wurzelsysteme werden im Stande sein, den Saft auf eine Höhe zu treiben, bis zu der es die jüngsten Theile allein niemals gebracht hätten. Im Uebrigen muß man auch hier vorsichtig sein bei Schlußfolgerungen. Sind einzelne Schichten, z. B. das jüngere Holz, besonders befähigt zur Saftauspressung, so werden sich diese auf dem Querschnitt zuerst mit Saft bedecken, und man kann leicht beobachten, daß auch bei der Blutung kräftig blutender Pflanzen der Saft nicht an allen Stellen des Querschnitts mit gleicher Stärke und gleichmäßig zum Vorschein kommt[1]), ja man beobachtet sogar, daß an den einen Stellen eines Querschnitts z. B. wo die Tracheen enger sind, der Saft austritt und in den Elementen anderer Schichten versinkt.

Nach diesen Auseinandersetzungen wird ceteris paribus die Wahrscheinlichkeit, daß aus dem Wurzelstock einer Pflanze Blutung eintritt, im Falle einer Nichtbetheiligung der älteren Wurzeltheile um so geringer, je länger und ausgedehnter diese älteren Wurzeltheile sind und je weniger die Anordnung der jüngsten Theile ein Zusammenwirken derselben an einem Punkte zu Stande kommen läßt. Vergleichen wir von diesem Gesichts-

---

[1]) «*Bernhardi* sah die Gefäße an der Schnittfläche einer blutenden Weinrebe keine Flüssigkeit ergießen.» *Treviranus*, Physiologie I p. 123. Wahrscheinlich handelte es sich um die weiteren Gefäße, für welche ich gelegentlich ähnliches beobachtet habe. Es tritt dies vermuthlich ein bei geringer «Saftfülle». Aehnliche, aber erst noch kritisch aufzuklärende Angaben an anderen Orten.

punkt aus — wie gesagt, ceteris paribus — krautartige Gewächse und Holzpflanzen, so werden wir erwarten müssen, daß bei den ersteren die Wahrscheinlichkeit einer kräftigen Blutung aus dem Wurzelstock viel größer ist als bei den letzteren, wenn auch die «Wurzelkraft» d. h. hier die Summe der Leistungen der jüngsten Theile nicht größer oder sogar geringer ist als bei den Holzpflanzen. Wir werden es daher schon aus diesem Grunde erklärlich finden, wenn sich bei den krautartigen Pflanzen Blutung der Wurzelstöcke soweit verbreitet vorfindet, richtiger gesagt, wenn es bei krautartigen Pflanzen so häufig vorkommt, daß die Leistungsfähigkeit der Wurzelfasern ausreicht, an Durchschnitten der Stengelbasis reichlich Saft hervorzutreiben, — wenn ferner gewisse Pflanzen ganz besonders hierin bevorzugt sind. Letzteres wird bei solchen krautartigen Pflanzen der Fall sein, bei denen wie bei Gramineen, Topinambur, Iris, Asparagus, Kartoffel u. s. w. die Wurzelfasern büschelweise entspringen und zum Theil immer wieder neue aus dem Stengel selbst hervorkommen. Hier ist gewiß die Gelegenheit eines Zusammenwirkens der Leistungen der einzelnen Fasern und eine energische Leistung auf dem Stengelquerschnitt viel leichter als da, wo eine lange Pfahlwurzel gebildet wird, an der die Fasern in größerem Abstand entspringen. Wir werden selbst erwarten müssen, daß äußere, das Wurzelwachsthum beeinflußende Umstände, welche die Ausbildung und Anordnung der Verzweigungen verändern, auch die Gesammtleistung auf dem Wurzelstockquerschnitt beeinflußen und Aeußerungen erscheinen lassen, welche in anderen Fällen spezifische Verschiedenheiten zur Grundlage haben. Es läßt demnach die Menge des an einer Stelle bei Verletzungen aus dem Wurzelstock ausfließenden Safts nicht ohne Weiteres einen Schluß auf die Leistung der thätigen Fasern zu, es müssen vielmehr auch die bis zum Austritt an der gegebenen Stelle zu überwindenden Widerstände in Betracht gezogen werden. Je größer diese Widerstände, je länger der Weg von den thätigen Elementen bis zur Wunde, umsomehr werden sich Verschiedenheiten in der producirten Druckhöhe in der verschiedenen Ausgiebigkeit des Saftausflusses an der Wunde bemerkbar machen.

Wir stehen demnach der Erscheinung des verschiedenen Verhaltens der Arten und Individuen hinsichtlich der Blutung aus Wurzelstöcken nicht rathlos gegenüber, sondern es läßt sich eine ganze Reihe von Gesichtspunkten, welche weiter zu vermehren für jetzt zwecklos wäre, angeben, von denen aus die Klarlegung spezieller Fälle unternommen werden kann.

An dieser Stelle handelt es sich aber nicht um die Erklärung der Höhe des Blutungsdrucks der Wurzeln, sondern darum, ob überhaupt solcher Blutungsdruck vorhanden ist. Für den Nachweis desselben müssen vor Allem die Differenzen der Widerstände vermindert werden: unter der Voraussetzung, es sei das Unterbleiben des Ausflusses Folge zu geringer Leistung älterer Theile, während die Leistung der jüngeren nicht bis zur Wundfläche emporreicht, werden wir erwarten müssen, bei solchen Pflanzen, die in der gewöhnlichen Weise, nämlich ohne Berücksichtigung der Verschiedenheit der Widerstände, untersucht, keine Stockblutung erkennen lassen, um so sicherer Saftausfluß zu erhalten, wenn wir die Wunden den jüngeren Wurzeltheilen näher anbringen, also prinzipiell ebenso verfahren, wie bei den oberirdischen Theilen eines Baumes oder einer krautartigen Pflanze, bei der vielleicht Wunden hoch oben am Stamm wegen ungenügender Höhe des Wurzeldrucks keinen Ausfluß geben, während solcher aus Wunden tiefer unten reichlich eintritt. Es ist eine gegenüber den Widerständen und Weglängen ungenügende Leistung der jüngsten Theile allerdings nicht in allen Fällen Ursache des Unterbleibens des Saftausflusses, da namentlich bei fleischiger Beschaffenheit der Wundregion andere Umstände hindernd entgegentreten; bei Holzpflanzen aber wird die angegebene Ursache vor Allem in den Vordergrund treten.

Das angedeutete Ziel kann auf verschiedenem Wege erreicht werden. Man kann von den stärkeren Wurzelästen ausgehend Verzweigungen immer höherer Ordnung bloßlegen und auf Saftausscheidung prüfen. Indessen ist dieser Weg unbequem, setzt außerdem Verfügung über beliebiges Baummaterial voraus, man könnte aber durch solche Untersuchungen ermitteln, wie weit denn eigentlich bei Gewächsen mit sehr wenig thätigen älteren Wurzeltheilen Saft von den jüngsten aufwärts gepreßt werden kann; vielfach werden auch behufs Ermittelung spezifisch und individuell verschiedenen Verhaltens bei Blutung aus dem Wurzelstock solche Ausgrabungen unumgänglich sein. Weil es sich aber um Prüfung einer größeren Zahl von Holzarten handelte, zog ich es vor, entweder Stöcke begrenzten Umfangs auszugraben, der älteren Wurzeln zu berauben; in Töpfe gepflanzt, tritt Erzeugung eines neuen Wurzelsystems ein, dessen junge Fasern alle nahe am Stock, also auch nahe der an diesem angebrachten Wunde entspringen.[1])

[1]) Nur ist nicht zu übersehen, daß manche Arten z. B. Birnbäumchen aus den älteren Wurzeltheilen sehr schwer neue Würzelchen treiben.



Uebrigens hat schon öfter das Wachsthum im Topfe an sich analogen Erfolg, weil die Vermehrung der Fasern durch Verminderung des Längenwachsthums namentlich bei normal eine stärkere Pfahlwurzel entwickelnden Pflanzen für den Nachweis der Wurzelblutung günstig ist[1]) — wenn nicht allenfalls die im Blumentopf in verschiedener Hinsicht leicht eintretenden Störungen des Wachsthums der Wurzeln einen Strich dazwischen machen. Oder es wurde das Wurzelsystem junger Pflanzen, vielfach von Keimpflanzen geprüft. Es ist zwar richtig, daß mit zunehmendem Alter auch die Zahl der Wurzelzweige sich vermehrt und verstärkt, aber aus den schon angegebenen Gründen kann man aus dem Nichtbluten älterer Wurzelstöcke keinen Schluß ziehen auf die Blutungsunfähigkeit auch der jüngsten Wurzeltheile, wenn es auch ein je nach der Ausbildung des gesammten Wurzelsystems verschiedenes Alter und Entwickelungsstadium geben wird, in welchem die Gesammtleistung der jüngeren Fasern durch Vermehrung ihrer Zahl und Stärke mehr zugenommen hat als erforderlich ist, um die durch Verlängerung des Wegs innerhalb der als passiv gedachten älteren Theile erhöhten Widerstände zu überwinden. Man wird z. B. beim Keimlinge einer Sonnenblume, der einen reichen Büschel von Würzelchen am älteren Theile der Pfahlwurzel erzeugt, bei Hinausschieben der Prüfung höhere Leistungen erlangen als etwa beim Keimling der Eiche mit seiner langgestreckten, armfaserigen Pfahlwurzel.

Quantitative Bestimmungen der Druckhöhe oder Menge des ausgeschiedenen Safts habe ich vorläufig nicht angestellt[2]), wenigstens nicht in genügender Ausdehnung, und zwar aus verschiedenen Gründen. Erstens müssen, wenn derlei Bestimmungen zu mehr als einer bloßen Vermehrung der schon vorliegenden großen Zahl von Angaben über die Höhe des

[1]) Vielleicht erhielt *Pitra* (l. c.) deshalb Blutung bei so vielen Holzarten, weil er, wie es scheint, in Töpfen wachsende, hauptsächlich jüngere Bäumchen zur Untersuchung verwendete. Vielleicht erklären sich auch auf diesem Wege die widersprechenden Angaben *Hofmeister's* hinsichtlich Morus alba: die mit Erfolg geprüfte Pflanze scheint eine jüngere gewesen zu sein. — Nach Obigem müßte auch aus der Besonderheit des Wurzelwachsthums in Töpfen oder allgemeiner in beschränktem Verbreitungsraume eine Fehlerquelle erwachsen, wenn man den Wasserbedarf von Freilandpflanzen nach jenem von Topfpflanzen beurtheilen wollte. Je nach dem Wasservorrath könnte diese Fehlerquelle positiv oder negativ sich bemerklich machen.

[2]) Vergl. übrigens die speziellen Angaben in *Hofmeister's* Zweiter Abhdl. (1862) für junge Pflanzen, besonders Keimlinge von Phaseolus.



Blutungsdrucks brauchbar sein sollen, verschiedene Vorfragen erledigt sein. Zweitens war zu besorgen, es möchte bei geringer Leistung auf der Schnittfläche bleibender Saft durch sein Gewicht weitere Ausscheidung hemmen, oder von den einen Elementen ausgeschieden, von anderen eingesogen werden. Drittens war zu befürchten, es möchten die so zarten Würzelchen, um die es sich vielfach handelte, zu sehr Schaden leiden und anstatt Saftaustritt aus dem Querschnitt Uebertritt in die Intercellularräume der jüngsten Theile und im weiteren Verlauf Zerweichen derselben eintreten. Es ist dies nicht selten zu beobachten z. B. an Wurzeln blutender Kartoffeltriebe, welche in der Zuwachsregion auf einmal durchsichtig werden, hier zerweichen und tagelang Saft ausfließen lassen. Es entsteht so zu sagen eine fressende Wunde, welche sich erst bei Abnahme der Feuchtigkeit in der Umgebung schließen kann. Die Pflanze verschafft sich so eine Correction für ungewöhnliche, wahrscheinlich in verschiedener Hinsicht nachtheilige Druckhöhe und Saftanhäufung in den normal luftführenden Hohlräumen. Man kann wohl annehmen, daß die Erfüllung der Lufträume, besonders der Intercellularräume von verschiedenen Pflanzen verschieden gut vertragen wird, Verschiedenheiten, welche die Vergleichbarkeit der Leistungen unter abnormen Verhältnissen beeinträchtigen müssen. Die Empfindlichkeit vieler Keimlinge oder jüngerer Pflanzen überhaupt gegen zu starkes Begießen, zu geringe Lüftung u. s. w. ist ohnehin bekannt, und es steht dies wohl auch mit dem Umstande im Zusammenhang, daß die Thätigkeit der Wurzeln leicht ausreicht, um in die Lufträume des Innern reichlich Saft zu treiben. Ich habe oft beobachtet, daß unter solchen Umständen auch Zerweichen der Zuwachsregion der oberirdischen Theile, öfter auch der Cotylen und ersten Laubblätter, gewiß als Folge der andauernden Injection der Lufträume, stattfindet. Viertens war bei Pflanzen von der Jugend der geprüften ohnehin meist keine bedeutende Druckhöhe zu erwarten, wenn man bedenkt, wie viele Wurzelfasern zusammenwirken müssen, wenn eine bedeutende Leistung erreicht werden soll. In den Versuchen handelte es sich aber vielfach um ein einziges Würzelchen oder wenige Verzweigungen. Fünftens sollte auch die Leistung der einzelnen Schichten auseinandergehalten werden, um so die Basis zu gewinnen für eine nicht schematische, sondern direkt an die natürlichen Verhältnisse sich anschließende Darstellung der Theorie des Wurzeldrucks an der Hand der Details des anatomischen Aufbaus der Wurzeln.

Die in Sand oder Erde, zum Theil auch in Wasser wachsenden Wurzeln, beziehungsweise Stammstücke, von welchen sie entsprangen, wurden an verschiedenen Stellen durchschnitten und das Vorhandensein einer Wurzelblutung dann als erwiesen erachtet, wenn auf der Schnittfläche eine stärkere oder schwächere Saftkuppe auch in einer mit Feuchtigkeit nicht gesättigten Atmosphäre, nämlich bei lockerer Bedeckung, erschien und sich bei täglichem oder öfter wiederholtem Abtrocknen immer wieder erneuerte. Vielfach ist übrigens die Blutung selbst aus Würzelchen von einigen Centimetern Länge derart ausgiebig, daß der wasserklare Saft von den Querschnitten heruntertropft. Und vergleicht man die Leistungen z. B. eines Keimlings der Roßkastanie oder Eiche mit dem Keimling der Rothbuche oder eines anderen als blutend bekannten Gewächses, so zeigt sich unter Zugrundelegung der genannten Symptome nicht die geringste Bevorzugung zu Gunsten der letzteren. Wenn auch die individuellen Verschiedenheiten hinsichtlich des Eintritts der Blutung bei jüngeren Pflanzen, krautartigen wie holzigen, wegen des verminderten Widerstands und weil die Aeußerung unter den Versuchsbedingungen nur eine geringe Höhe der Leistung voraussetzt, weitaus geringer sind als bei älteren Pflanzen mit vermehrten Widerständen, so ist doch einleuchtend, daß man bei Einschränkung der Beobachtungen auf eine oder ganz wenige Pflanzen nicht weit kommt. Man braucht ja bloß an die Verschiedenheit des Wurzelwachsthums selbst nebeneinanderstehender Pflanzen zu denken, und noch weniger wird man Kulturen etwa in schwerer, zäher Erde vergleichen wollen mit solchen, deren poröser Boden kräftige Ausbildung der Wurzeln ermöglicht. Es kann vorkommen, daß von einzelnen, schlecht gedeihenden Kulturen kein einziges Individuum Blutung anzeigt.[1]) Welchen Antheil an dem Verlauf der Blutung auf dem Querschnitt die Versuchsbedingungen an sich im Zusammenhang mit der Trennung des normalen Gewebsverbands und der Veränderung der Querschnitte haben, will ich an dieser Stelle übergehen, da es gelungen ist, bei sämmtlichen untersuchten Spezies krautiger wie holziger Pflanzen Blutung zu beobachten, und es sich auch hier nicht um Feststellung der Höhe und Nachhaltigkeit der Wurzelblutung handelt. Nur darauf möge hingewiesen sein, daß die meisten Wurzeln in jüngeren Regionen sogleich

[1]) Namentlich scheint die Beschaffenheit des Bodens Einfluß zu üben auf die Gesundheit und Lebensdauer des primären Rindenparenchyms der Wurzeln. Letztere ist aber auch aus inneren Ursachen bei verschiedenen Arten verschieden.



auf dem Querschnitt reichliche, vielfach sehr anhaltende Saftergießungen geben, auch ohne alle Zufuhr von Wasser, was an die Ergießung von Milchsaft aus verwundeten Pflanzentheilen erinnert, im Einzelnen aber auf verschiedener späterhin speziell zu behandelnder Mechanik beruht. Es ist klar, daß im Zusammenhang hiemit die Leistung einer Wurzel nach Aufhebung des Gewebsverbandes sich anders gestalten kann als vorher, solange dieselbe noch das Glied eines vollständigen Pflanzenkörpers bildete.

Bezüglich der krautartigen Gewächse sind schon oben die allgemeinen Resultate der Untersuchung angegeben. An dieser Stelle folgen die Ergebnisse der Prüfung an Holzpflanzen und diese mögen im Einzelnen aufgeführt werden. Ich bedauere nur, daß es mir nicht möglich war, eine noch viel größere Zahl von Holzarten nach den angführten Gesichtspunkten zu prüfen. Es sind aber Vorbereitungen für weitere Ausdehnung getroffen und es wäre erwünscht, wenn auch von anderer Seite Gelegenheit zu solchen Prüfungen benutzt würde. — Die bis jetzt geprüften Holzarten sind nach Familien zusammengestellt.

Abietineae.

Abies excelsa, Larix europaea, Pinus silvestris, P. strobus, P. nigricans, P. pinea. — Geprüft sind Keimpflanzen, von denen besonders jene der Pinie vielfach kräftig bluteten; außerdem zweijährige Bäumchen von Abies, welche im Frühjahr ausgegraben und in Blumentöpfe gepflanzt waren. Sie wurzelten hier schön ein und entwickelten kräftige Triebe. Am Boden durchschnitten, zeigten sie ziemlich kräftige Blutung.

Cupressineae.

Cupressus Lawsoniana. Keimpflanzen.

Betulaceae.

Corylus avellana. Stöcke mit stark fingerdicken Stammtheilen wurden ausgegraben, die Wurzeln bis auf einige Centimeter gekürzt, hierauf die Stöcke in Sand gepflanzt, wo sie sich einwurzelten und kräftig austrieben. Als später diese Triebe entfernt und Querschnitte durch die dicken Stammtheile gemacht wurden, trat auf diesen kräftige und anhaltende Blutung ein.

Cupuliferae.

Quercus pedunculata. Keimpflanzen. Unterhalb der Cotylen durchschnitten trat Blutung aus dem Holzkörper ein, öfter sehr kräftig. Auch auf oberhalb der Cotylen geführten Durchschnitten bluteten die Keimlinge bisweilen kräftig, öfter aber gar nicht. Es sind zwar bei bleibenden

Cotylen die Wurzeln durch Zufuhr von Reservestoffen begünstigt, aber dieser Vortheil wird durch baldige Entwickelung von Achseltrieben, sowie den erschwerten Austritt für den Saft auf der Schnittfläche durch den epicotylen Stengel oft ausgeglichen. Hier wie in anderen Fällen äußert sich die Druckleistung der Gewebe oft an ganz anderer Stelle, als es der Experimentator voraussetzt, erwartet und wünscht.

Fagus sylvatica. Kräftige Blutung aus dem Wurzelsystem schon ganz junger Keimpflanzen.

Juglandeae.

Carya alba. Kräftige Blutung der Keimpflanzen auf Durchschnitten oberhalb der Cotylen.

Tiliaceae.

Tilia parvifolia. Ein- und zweijährige, in Töpfen eingewurzelte Bäume oder ältere Stöcke bluteten sehr stark aus dem Holzkörper.

Sapindaceae.

Aesculus hippocastanum. Es bluten die Wurzeln von Keimpflanzen sehr stark und anhaltend, aber auch bei älteren Pflanzen konnte Blutung constatirt werden. Es wurden im Frühjahr einjährige Bäumchen ausgegraben und nach Beschneiden der Wurzeln in Töpfe gesetzt. Wegen des Verhaltens des (saftigen) Marks mag der Verlauf bei einem Individuum näher beschrieben werden. Vorausgeschickt sei, daß nachherige Ausgrabung dieses Bäumchens nur eine geringe Neubildung von Wurzeln ergab.

Der Stamm dieser Pflanze wurde am 15. April abgeschnitten. Am 17. April erschien ein klares Tröpfchen auf der Mitte des Holzkörpers, am 18. April (tägliches Abtrocknen) ebenso, außerdem eines aus der Markscheide. Am 19. April mehrere Tröpfchen aus dem Holzkörper. An den nächsten verstärkte sich diese Blutung aus dem Holzkörper, außerdem erschienen Tröpfchen aus dem Mark. Am 23. April trägt das Mark einen großen Tropfen, der sich an den nächsten Tagen immer wieder erneuert, während Blutung aus dem Holzkörper fast ganz aufhörte. Bis zum 26. April sind wieder viele Tröpfchen auf dem Mark, drei auf dem Holzkörper. Vom 28. April an tritt kein Saft mehr aus dem Mark, während aus dem Holzkörper noch immer Tag für Tag Tröpfchen dringen. Unterdessen ist Callus entstanden und auf demselben viele Sprößchen.

Pomaceae.

Pirus malus. Einjährige, im Topf wachsende Bäumchen bluten auf

Durchschnitten an der Oberfläche des Bodens, manchmal sehr stark. Bei mehreren Individuen sind auch dazwischen große, klare Tropfen auf dem Mark erschienen. — Auch Sämlinge, welche 3—7 entwickelte Blätter trugen, bluteten kräftig auf Durchschnitten.

Papilionaceae.

Robinia pseudacacia. Es bluteten sowohl Keimlingspflanzen auf Querschnitten durch den Stengel als auch der Holzkörper einjähriger, in Töpfen eingewurzelter Bäumchen. Bei letzteren war die Blutung meist schwächer. Vielleicht verträgt diese Art (und es mag dies auch für andere gelten) das Verpflanzen schlecht, und wäre es nothwendig, von vorneherein im Topf wachsende Individuen zur Untersuchung zu verwenden. Austritt größerer Tropfen aus Querschnitten der erwähnten Bäumchen habe ich selten beobachtet, meist trat bloß ein Naßwerden des Holzkörpers ein.

Mimoseae.

Acacia lophantha. Kräftige Blutung auf Querschnitten von Keimlingen.

Oleaceae.

Fraxinus excelsior. Zweijährige Bäumchen bluteten auf Querschnitten durch die Stammbasis im Allgemeinen schwach, sie hatten sich aber auch nur schlecht im Topfe eingewurzelt. Jüngere Pflanzen standen nicht zur Verfügung.

Die meisten der oben angeführten Holzarten gehören nicht zu denen, welche aus älteren Wurzelstöcken normal bluten, im Einklang mit den zum Ausgangspunkt genommenen Prinzipien konnte aber überall Saftausscheidung beobachtet werden. Da dies ausnahmslos bei allen bis jetzt nach diesen Gesichtspunkten geprüften Pflanzen, krautartigen wie holzartigen eintritt, so wird man mit höchster Wahrscheinlichkeit den Satz aussprechen können, daß es eine allen jüngeren Wurzeltheilen gemeinsame Fähigkeit ist, Saft auf Querschnitten hervorzutreiben, daß also bei allen Gewächsen, genügenden Wasservorrath vorausgesetzt, das aufgenommene Wasser eine längere oder kürzere Strecke weit aufwärts im Holzkörper gepreßt wird. Die Klarlegung der auf die Wurzelstockblutung bezüglichen Verhältnisse erfordert aber noch viele Untersuchungen. Ein Schema eines Erklärungsversuchs besitzen wir: die Kenntniß der thatsächlichen Verhältnisse aber, welche zum Aufbau einer sich an die Wirklichkeit anschließenden Theorie erforderlich ist, steht zur Zeit erst im Anfange der Entwickelung.

Nachträgl. Anmerk., betreffend die Rothbuche. Diese ist im Text auf Grund eigener und fremder Beobachtungen unter den durchschnittlich stärkst blutenden Bäumen aufgeführt. Die abweichenden Erfahrungen von *Th. Hartig* vergl. in Abhdl. II (flora 1882 p. 281 ff.). Auch *R. Hartig* bemerkt (Unters. aus d. forstbot. Instit. zu München. Heft II. p. 4; vergl. auch p. 52), die Buche blute nur in sehr vereinzelten Exemplaren. «Es sind vielleicht solche jüngere Individuen, bei denen fast gar kein «Reifholz» sich findet, vielmehr der Wasserreichthum bis zur Markröhre ziemlich gleich ist. Dadurch bekommt ein solches Individuum den Charakter der echten Bluter.» Da ich beim Zustandekommen des Blutungsdrucks Mitwirkung der älteren Stamm- und Wurzeltheile in Anspruch nehme, dem entsprechend bei Beurtheilung der Leistung dieser älteren Theile auch die Ausdauer der Leistungsfähigkeit der älteren Jahresschichten als wesentlicher Umstand anzuziehen ist (vergl. diese Abhdl. p. 452 oben), endlich bei den in nassen Sand gesteckten Astabschnitten meiner Versuchsbäume Blutung auch aus dem sogen. Kern stattfand (Abhdl. II. l. c.) (Abschnitte des Hauptstamms oder der stärksten Aeste konnte ich allerdings nicht untersuchen), so halte ich dafür, daß die von *R. Hartig* hervorgehobene Beschaffenheit der älteren Jahresschichten möglicherweise die Ursache oder eine der Ursachen des verschiedenen Verhaltens der Rothbuche hinsichtlich ihrer Blutungsfähigkeit bilden kann. Standort, Ernährungsverhältnisse u. s. w. werden voraussichtlich großen Einfluß üben auf die Inhaltsbeschaffenheit und osmotische Leistungsfähigkeit der Elemente des älteren Holzkörpers.

Neue Litteratur.

L. Kny. **Ueber das Dickenwachsthum des Holzkörpers in seiner Abhängigkeit von äußeren Einflüssen.** 136 S. 3 lithogr. Tafeln. Berlin 1882 bei P. Parcy.

Verf., der sich mit diesem Thema schon seit längerer Zeit beschäftigt, ist dem Gegenstand in einer umfassenderen Weise näher getreten als dies von Seite seiner Vorgänger auf diesem Gebiete geschehen ist. Dem entsprechend ist auch die Darlegung frei von einseitiger Auffassung, und Verf. ist bestrebt, die mancherlei zur Geltung kommenden Einflüsse ohne Voreingenommenheit zu prüfen.

I. Ueber das Dickenwachsthum des Holzkörpers oberirdischer nichtvertikaler Sprosse. Hier war es zunächst erforderlich, als Grundlage der Erklärungsversuche die vorliegenden Erfahrungen durch ausgedehntere Untersuchung zu erweitern und die Widersprüche in den Angaben der Vorgänger zu lösen. Es ergab sich hiebei Folgendes: 1. Bei der überwiegenden Mehrzahl dicotyler Holzgewächse zeigt sich an älteren Seitenzweigen die Oberseite der Regel nach stärker gefördert als die Unterseite. 2. Hyponastie ist seltener bei dicotylen Holzgewächsen, gewöhnlich aber bei Coniferen; bei sämmtlichen untersuchten Coniferen war die Unterseite stärker gefördert, wenn auch nicht überall in gleichem Maße. 3. Bei einer Anzahl dicotyler Holzgewächse zeigt sich Epinastie an mehrjährigen Zweigen, fehlt aber im ersten Jahrring ganz oder ist bei diesem und den nächsten Ringen schwächer. 4. Auch bei den hyponastischen Holzgewächsen nimmt häufig die Ungleichmäßigkeit des Dickenwachsthums vom ersten zu den folgenden Jahren zu. 5. Nicht selten ist das Dickenwachsthum epinastischer Holzgewächse in der Weise wechselnd, daß der Regel nach das erste oder die ersten deutlich an der Unterseite, die späteren dagegen an der Oberseite gefördert sind. Der Uebergang der Hyponastie zur Epinastie kann hiebei in verschiedener Weise vor sich gehen. 6. Bei wenigen Arten sind die ersten Ringe epinastisch, die späteren hyponastisch. 7. Die für bestimmte Arten anzugebenden Regeln erleiden im Einzelnen zahlreiche Ausnahmen, z. B. ist gelegentlich zwischen hyponastischen Ringen ein epinastischer eingeschaltet, oder es wechseln hyponastische mit epinastischen u. s. w. 8. Derselbe Ring kann sich in verschiedenen Internodien desselben Sprosses verschieden verhalten, bald ober-, bald unterseits oder in einer anderen Richtung befördert, bald streckenweise allseitig gleichmäßig. 9. Die Untersuchung ergiebt noch mancherlei andere Abweichungen von der streng regelmäßigen Form der Epi- und Hyponastie. Das Verhältniß zwischen Ober- und Unterseite der Ringe ist schwankend, es giebt nicht einmal eine annähernde Proportionalität zwischen den verschiedenen Theilen derselben und den correspondirenden Theilen aufeinanderfolgender Ringe. Vielfach ist auch die Richtung stärkster Verdickung eines Jahrrings schief nach oben oder abwärts gekehrt, ohne Constanz. 10. Wie die Coniferen und einzelne dicotyle Familien zeigen, ist ein Zusammenhang zwischen natürlicher Verwandtschaft und der Richtung überwiegenden Dickenwachsthums seitlicher Aeste unverkennbar, aber mit vielen Ausnahmen. 11. Diplonastie kommt

zwar bei einer Anzahl von Holzgewächsen vor, tritt aber auch an vertikalen Sprossen auf. Fälle ausschließlichen Vorkommens an Seitenzweigen kamen nicht zur Kenntniß. Erhöhung des Querschnitts in vertikaler Richtung kam bei seitlichen Zweigen oft vor, doch stets mit Neigung zu Epi- oder Hyponastie. — Bei vielen Holzgewächsen ist der Querschnitt seitlicher Zweige bald höher als breit, bald breiter als hoch.

Es herrscht demnach eine große Verschiedenheit in den Ungleichmäßigkeiten des Dickenwachsthums. Verf. kommt zur Ueberzeugung, daß Zurückführung dieser Ungleichmäßigkeiten im Dickenwachsthum seitlicher Achsen auf eine Ursache, etwa die Schwere allein, nicht statthaft sein könne, vielmehr gerade die Schwere, wenn überhaupt mitwirkend, anderen Momenten gegenüber von sehr untergeordneter Bedeutung sei. Uebrigens ergiebt die nähere Betrachtung der Verhältnisse seitlicher Zweige, daß eine Reihe von Umständen bei den Ungleichmäßigkeiten des Dickenwachsthums einwirken kann, demzufolge solche Organe überhaupt nicht geeignet sind, um den Einfluß der Schwerkraft auf das Dickenwachsthum des Holzkörpers zu ermitteln. 1. ***Ober- und Unterseite unterliegt verschiedener Einwirkung von Licht, Wärme und Feuchtigkeit.*** Allerdings läßt sich die Tragweite dieser Einflüsse zur Zeit nicht genauer bestimmen. Lichtwirkung kommt wahrscheinlich nur bei jungen Seitenzweigen, ohne Borke und dicke Peridermschichten, erheblich in Betracht. Bezüglich der Temperatur lassen sich nur Vermuthungen aussprechen. Höhere Temperatur könnte direkt und indirekt einwirken, es ist auch nicht bekannt, wie sich bei geneigten Zweigen der größere Wärmegewinn der Oberseite durch Besonnung und der größere Wärmeverlust durch Ausstrahlung zu einander verhalten. Dazu kommt noch die Verschiedenheit der Verdunstung und deren Beziehung zur Vertheilung der Lentizellen u. s. w., Verhältnisse, die sich mit dem Alter des Zweigs ändern u. s. f.: Es wäre eine Reihe von Vorfragen zu erledigen, wenn man von dem Einflusse der Temperaturverhältnisse genaue Rechenschaft geben sollte. 2. ***Die Oberseite unterliegt auch den größeren Schwankungen von Licht und Dunkelheit, Wärme und Kälte, Befeuchtung und Trockenheit.*** Bezüglich des Beleuchtungswechsels läßt sich nichts Näheres angeben, wohl aber lassen sich von der indirekten Wirkung der Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit bestimmte Vorstellungen gewinnen. Geringe Regenmengen kommen bei dickeren Seitenzweigen überhaupt nur der Oberseite zu Gute, hier in die Fugen der Borke eindringend. Bei ausgiebigerem Regenfall kommt auch Wasser an die Unterseite, wo es sich länger halten wird als oberseits, was wieder verschieden ist nach der Lage des Zweigs, dem Grade der Beschattung u. s. w. Dasselbe gilt auch von der Wärme, es werden Zweige im geschlossenen Stande, besonders deren Oberseite, viel geringerem Wechsel in Wärme und Feuchtigkeit ausgesetzt sein als an freiem Standort. Der raschere Wechsel von Wärme und Kälte, Trockenheit und Feuchtigkeit an der Oberseite wird aber eine Lockerung des Gefüges der äußersten abgestorbenen Gewebsschichten herbeiführen, wodurch der Druck auf das Cambium abnimmt, der Dickenzuwachs dafür sich steigert. Verf. legt auf diese Spannungsverminderung ganz besonderen Werth bei der Entstehung der Epinastie seitlich gerichteter Zweige. Er hat auch direkte Bestimmungen angestellt zur Ermittelung der Transversalspannung, nach der Methode von *G. Kraus*, in Ermange-

lung einer vollkommeneren, und gefunden, daß höchstwahrscheinlich bei stark epinastischen Dicotylen diese Spannung in der Regel unterseits stärker ist. Zur weiteren Stütze verweist Verf. auf die anatomischen Verhältnisse, daß nämlich in den meisten Fällen der obere Theil der Jahrringe dem verminderten Rindendruck entsprechend aus radial stärker gestreckten Zellen besteht und umfangreichere und zahlreichere Gefäße enthält. In Zusammenhang mit den anatomischen Verhältnissen hinsichtlich des Umfangs und der Vertheilung der Gefäße müssen auch Verschiedenheiten im spez. Trockengewicht des Holzes eintreten; dasselbe wird geringer sein bei größeren und zahlreicheren Gefäßen (wenn nicht andere Einflüsse entgegenwirken), was aber noch nicht in größerer Ausdehnung untersucht ist. — Im Einzelnen, je nach der histologischen und chemischen Beschaffenheit der Epidermis, Rinden- und Bastschichten wird die Verschiedenheit des auf dem Cambium der Ober- und Unterseite horizontaler Zweige lastenden Drucks sehr verschiedene Werthe annehmen müssen, der Wechsel von Temperatur und Feuchtigkeit wird hiernach einen verschiedenen Grad der Auflockerung und Druckverminderung an der Oberseite zur Folge haben. — Die untersuchten, hyponastischen Coniferen verhielten sich nicht übereinstimmend, indem sich bald die ober-, bald die unterseitige Rinde stärker verkürzte. — 3. ***Beim Dickenwachsthum macht sich auch die verschiedene Reichlichkeit der Zufuhr plastischen Materials bemerkbar.*** Ungleiche Vertheilung der Belaubung muß einseitige Verdickung begünstigen. Es zeigt sich dies auch in speziellen Fällen z. B. bei Goldfussia anisophylla mit einseitig größeren Blättern, tritt übrigens allgemein bei einseitiger Kronenentwickelung hervor. Gilt dies schon bei vertikalen Zweigen, so kommt bei schiefstehenden, solange sie assimilirende Blätter tragen, ganz besonders Bevorzugung der Unterseite in Betracht. Bei geneigten Zweigen erhalten die unterseitigen Blätter massenhaftere Entwickelung und es macht sich Aehnliches selbst bei den Hälften desselben Blattes bemerklich. Im zweiten oder in den folgenden Jahren ändern sich bei dicotylen Holzgewächsen diese die Ernährung des Cambiums beeinflussenden Umstände. An älteren schiefen Zweigen sind in der Regel die nach oben gerichteten Seitenzweige gegenüber den unteren bevorzugt, oft erscheinen auch oberseits zahlreiche Adventivtriebe u. s. w., was alles die Jahrringbildung jedes Mutterasts beeinflussen muß. In dem auf diesen Verhältnissen beruhenden Wechsel der Ernährung des Cambiums sucht Verf. die Erklärung der Thatsache, daß Holzgewächse mit epinastischen Ringen im ersten oder den ersten Ringen die Epinastie meist weniger ausgeprägt zeigen als später; manchmal fehlt sie anfangs ganz. Andere sind im ersten Jahre sogar fast immer deutlich hyponastisch und werden erst im zweiten oder einem späteren Jahre epinastisch — auch hier wieder mit mannigfachen Ausnahmen. Ursachen anderer Art können freilich bewirken, daß die Wirkung der ungleichen Ernährung der Stengelhälften aufgehoben oder selbst ins Gegentheil verkehrt wird. Es kann schon der erste Ring oberseits stärker entwickelt sein. — Bei Coniferen sind nicht allein die unterseitigen Blätter größer, es entstehen hier auch mehr Knospen, welche zum Theil starke Triebe werden, während die Oberseite fast unproductiv ist. Hier ist die Unterseite durch größeren Zufluß plastischen Materials dauernd gefördert, diese Hölzer erweisen sich aber auch als hyponastisch. — 4. Wird schon durch das Zusammenwirken der bisher aufgeführten Umstände die Lösung der Aufgabe erschwert, wieviel bei

einseitigem Dickenwachsthum dem Einfluß der Schwerkraft zufällt, so wird diese Schwierigkeit durch die bei vielen oberirdischen Achsen eintretende Aenderung der bei der Anlegung ihnen eigenen Stellung fast unüberwindlich gemacht. Am störendsten wirken die Drehungen vieler Sprosse um die eigene Längsachse im Laufe ihrer Entwickelung. Häufig geschehen die Drehungen in ganz regelloser Weise, ohne Beziehung auf die Lage des Zweigs zur Horizontalen oder auf eine bestimmte Aenderung des Divergenzwinkels der aufeinanderfolgenden Blätter. Weiter greifen auch Hebungen und Senkungen seitlicher Achsen, welche theils im Verlaufe der Entwickelung, theils späterhin sich bemerklich machen, ein, wenn auch in geringerem Grade als Achsendrehungen. Bei Bäumen, welche den Luftströmungen frei ausgesetzt sind, werden auch durch diese seitliche Verbiegungen und Drehungen der Zweige hervorgerufen werden können. — 5. Endlich ist auch der Einfluß der Dorsiventralität in Betracht zu ziehen.

II. Ueber das Dickenwachsthum des Holzkörpers an nicht vertikalen Wurzeln. Dieselben eignen sich sehr viel mehr zur Entscheidung des Einflusses, den die Schwerkraft allenfalls auf die Ungleichmäßigkeit des Dickenwachsthums üben könnte. Man hat hier radiäre Gebilde zur Hand, welche unter für Ober- und Unterseite annähernd gleichartigen Verhältnissen wachsen und wenn man verschiedene Nebenumstände, namentlich verschiedenen Druck des Bodens bei Auswahl des Materials beachtet, maßgebende Resultate liefern können. Verf. untersuchte horizontale Wurzeln solcher Arten, deren oberirdische schiefe Zweige ausgesprochene Epinastie (Tilia) resp. Hyponastie (Buxus, einige Coniferen) zeigen. Typische Epi- oder Hyponastie des Holzkörpers konnte nirgends aufgefunden werden. Dieselbe Wurzel kann bald oben, bald unten, bald seitlich am stärksten entwickelt sein. Die wechselnden Verhältnisse des Bodendrucks, lokaler Auflockerung der Rinde durch unterirdische Thiere u. s. w. reichen zur Erklärung dieser Unregelmäßigkeiten völlig aus, «gewiß wird aus diesen an horizontalen, im Boden gewachsenen Wurzeln gemachten Beobachtungen Niemand den Eindruck gewinnen, daß die Schwerkraft bei der Förderung des Dickenwachsthums des Holzkörpers ursächlich betheiligt sei». — Es wurden auch einige freie horizontale Luftwurzeln und im Wasser frei flottirende Wurzeln untersucht. Bei ersteren zeigt sich die Neigung, die in Richtung des Erdradius befindlichen Theile zu fördern, so daß sowohl der Gesammtquerschnitt als jener des Holzkörpers ein Oval mit aufrecht stehender längster Achse darstellt. Es ist nicht entschieden, ob dies von äußeren Einflüssen rührt oder Ausdruck ererbter Bilateralität ist. Bei den im Wasser flottirenden Wurzeln (Pistia stratiotes, Pontederia crassipes) war Ober- und Unterseite gleichmäßig entwickelt. — Den direkten Nachweis, daß die Schwerkraft weder die Ober-, noch die Unterseite der Wurzeln bei deren Anlegung irgend erheblich fördert, liefert die Untersuchung junger, horizontal in wässriger Nährlösung bei Lichtabschluß gewachsener Wurzeln (von Gleditschia triacanthos, Picea excelsa, Tilia parvifolia). Wenigstens der erste Jahrring ist ober- und unterseits gleich mächtig; direkte Beeinflussung der Holzbildung durch die Schwerkraft bei der ersten Anlegung der Vasalbildung findet nicht statt, nach den erstangeführten Befunden ist dies aber auch für die späteren Jahrringe höchst unwahrscheinlich. — Besonders bemerkenswerth sind die Veränderungen, welche im Dickenwachsthum der Wurzeln eintreten, wenn sie von Erde entblößt werden, z. B. bei

horizontalen Wurzeln, deren jüngere Theile im Boden fortwachsen, während die sich anschließenden älteren Regionen frei liegen. Solche Wurzeln wurden untersucht von Pinus silvestris und Fagus silvatica. Horizontale, genügend tief im Boden befindliche Kieferwurzeln haben vorherrschend gleichmäßige Ringentwickelung, der Bodenoberfläche auf einige Centimeter genähert werden sie hyponastisch, am meisten, wenn sie ganz freiliegen. Wurzeln der Rothbuche werden freiliegend mehr oder weniger stark epinastisch, nähern sich also dem Verhalten der oberirdischen beblätterten Zweige. Auch diese Befunde sprechen dafür, daß Epi- und Hyponastie nicht durch die Schwerkraft hervorgerufen werden. *C. K.*

E. Strasburger. **Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute.** Mit 8 Tafeln. Jena 1882 bei G. Fischer.

Bereits wiederholt haben wir in dieser Zeitschrift Arbeiten der jüngsten Zeit besprochen[1]), welche bemüht sind, den seit *Nägeli's* Untersuchungen und theoretischen Erörterungen zurückgetretenen Behauptungen früherer Forscher, das Wachsthum der Stärkekörner geschehe durch Apposition, neuerdings Geltung zu verschaffen; in ähnlicher Weise ist man auch hinsichtlich des Wachsthumsmodus der Zellmembranen mehrseitig auf die Anschauungen der früheren Zeit zurückgegangen. Der Verf. vorliegenden Buches, dem die Zellenlehre vielfache neue Anregungen verdankt, stellt sich vollständig auf den Boden der Appositionstheorie, für die er eine ganze Reihe von Beobachtungen geltend macht, bestrebt, die zu Gunsten des Intussusceptionstheorie beigebrachten Umstände vom Standpunkte der Appositionstheorie zu erklären. Wie wir sehen werden, geht Verf. selbst darauf aus, die herrschende Ansicht vom molekularen Bau der organisirten Gebilde, wie sie sich Hand in Hand mit dem Studium der morphologischen und physikalischen Verhältnisse der Stärkekörner und Zellhäute herausgebildet hat, als haltlos zu erweisen. — Hiernach sind die einzelnen Abschnitte des Buches ungleichwerthig, und im Vorwort betont Verf., daß er auf die positiven Ergebnisse der Beobachtungen natürlich den Hauptwerth lege, die anschließenden, weiter zu discutirenden Hypothesen als einen bloßen Versuch betrachte, die gewonnenen Resultate unter einheitliche Gesichtspunkte zu bringen. Sicherlich wird auch die gewünschte Discussion nicht lange auf sich warten lassen. Wir müssen uns an dieser Stelle in der Mittheilung anatomischer Ergebnisse möglichst einschränken und werden vorzugsweise die in physikalischer Beziehung principiell wichtigen Punkte hervorheben.

I. Anlage und Dickenwachsthum der Zellhäute. Dieser Abschnitt ist der umfangreichste der ganzen Schrift und enthält die Detailbeschreibung der Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen einer großen Zahl von Objekten. Verf. findet in allen Fällen die Appositionstheorie bestätigt, beziehungsweise er erklärt durch diese Theorie die beobachteten Wachsthumsvorgänge. 1. Bezüglich der Schichtung ist hervorzuheben, daß Verf. die Anschauung, die Schichtung werde durch Abwechslung wasserärmerer und wasserreicherer resp. dichterer und weniger dichter Schichten veranlaßt, als unrichtig bezeichnet. «Ich finde die Schichtung im letzten Grunde auf Lamellen zurückführbar, die wie die Blätter eines Buches aufeinander folgen. Diese Lamellen sind in homogen geschichteten Häuten und in Stärkekörnern bei ihrer Anlage gleich dicht und können auch später gleich

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. IV. p. 254, 425, 428.



dicht bleiben oder sich auch einzeln oder in größeren Complexen von anderen Lamellen oder Lamellencomplexen unterscheiden. Eine regelmäßige Abwechslung wasserärmerer und wasserreicherer Schichten ist in keinem Falle gegeben und was als solche gedeutet wurde, ist die optische Wirkung der mit den Lamellen abwechselnden Contactflächen oder Differenzen im optischen Verhalten aufeinanderfolgender Lamellencomplexe.» — Lamellen nennt Verf. primäre Bildungen, wie sie unmittelbar aus dem Protoplasma der Zellen hevorgehen, einfache, einheitliche Gebilde, welche sich zu gegeneinander abgesetzten Lamellencomplexen oder Schichten vereinigen. Außerdem gebraucht er die Bezeichnung «Grenzhäutchen» für den dichteren Innenrand einer Schicht, und hier ist besonders zu bemerken, wie Verf. dem für Intussusception sprechenden Umstande, daß die innerste Schichte stets eine dichte ist, eine andere Auslegung zu geben trachtet. Diese dichte Innenschichte sei nicht immer das nämliche Grenzhäutchen während des ganzen Dickenwachsthums, vielmehr sei es immer die jeweils jüngste innerste Lamelle, welche solch' stärkere Lichtbrechung besitze; lagere sich auf ihr eine neue Lamelle ab, so verliere sie diese Eigenthümlichkeit und erhalte eine den älteren Lamellen entsprechende Beschaffenheit. Bei längerer Unterbrechung im Dickenwachsthum behalte aber die jeweils jüngste Lamelle die stärkere Lichtbrechung und werde so zum Grenzhäutchen der älteren Schichten. — 2. Auch in der Streifung der Membranen sieht Verf. nicht den Ausdruck verschiedenen Wassergehalts, vielmehr deutet er dieselbe direkt als schraubige resp. ringförmige Verdickung der Wand, soweit die Streifung nicht von Porenbildung rührt. — 3. Die Entstehung der ring-, schrauben- und netzförmigen Wandverdickung führt Verf. zurück auf bestimmte vorgängige Veränderungen im Plasma: Die Mikrosomen (auf Eiweiß reagirende, im Plasma enthaltene Körnchen) häufen sich an bestimmten Stellen an, nämlich zwischen den Stellen, wo sich die Wandverdickungen ausbilden, also z. B. schraubenförmig; dadurch erhält das Plasma eine Zeichnung, welche der auszubildenden Verdickungsform genau entspricht. Es mag gleich hier bemerkt sein, daß nach Verf. diese Mikrosomen überhaupt das Material zur Bildung der Zellhäute liefern. Dieselben finden sich z. B. da ein, wo eine Scheidewand gebildet werden soll. Da sie auf Eiweiß reagiren, müßte eine tiefere Spaltung bei der Cellulosebildung stattfinden. Die Zellmembran hält Verf. nicht für ein Ausscheidungsproduct an der Oberfläche des Plasmas, sondern sie gehe aus diesem selbst durch Umwandlung hervor, sei es seiner Hautschicht oder größerer Plasmamassen unter mancherlei Uebergängen. — 4. Auch die Ergebnisse der Untersuchung der Entstehung der oft so complicirten Struktur der Membranen von Pollenkörnern und Sporen deutet Verf. durchweg im Sinne der Appositionstheorie und der eben erwähnten Anschauung von den Beziehungen der Zellmembranen zum Plasma.

II. Anlage und Wachsthum der Stärkekörner. Verf. sieht in der Schichtung der Stärkekörner nicht das Vorhandensein wasserärmerer und wasserreicherer Schichten, sondern nur aufeinanderfolgende, sich mehr oder weniger vollständig gleichende Lamellen, wobei die dunkleren Linien, die besonders markirten «Adhäsionsflächen» der aufeinanderfolgenden Lamellen seien, deren Wirkung durch ungleiche Dichtigkeit einzelner Lamellen oder Lamellencomplexe verstärkt würde. Die stets dichtere Beschaffenheit der Kernoberfläche wird auf die Einwirkung des



angrenzenden Mediums zurückgeführt und als Grenzhäutchen in demselben Sinne wie bei den Zellmembranen erklärt. — In den Makrosporen von Marsilia und den Markstrahlen der Coniferen findet Stärkebildung ohne Stärkebildner statt. Auch für ihre Entstehung werden Mikrosomen und Plasma als Verbrauchsmaterial in Anspruch genommen.

III. Ueber den Bau der Stärkekörner und Zellhäute und das Verhältniß der Quellungsrichtungen zum anatomischen Bau. Schimper und *A. Meyer*, welche zuletzt das Appositionswachsthum der Stärkekörner vertraten, hatten für die Schichtung der Stärkekörner, speziell für die geringere Dichtigkeit der inneren Partieen älterer Körner, voneinander abweichende Erklärungen versucht. *Strasburger* stellt, wie bereits erwähnt, die Abwechslung weicher und dichter Schichten ganz in Abrede, und es bleibt für ihn noch die geringere Dichte des Inneren der Stärkekörner zu erklären, was er in folgender Weise versucht. «Im Allgemeinen nimmt (wie bei den Zellmembranen) jede Lamelle, nachdem sie von anderen überdeckt wurde, an Lichtbrechungsvermögen ab. Dies hängt mit einer Zunahme des Wassergehaltes zusammen. Die von außen apponirten Schichten werden schwächer lichtbrechend und wasserreicher in dem Maße, als sie sich von der Oberfläche des Korns entfernen . . . Diejenigen Theile des Stärkekorns hingegen, die nicht weiter wachsen, denen somit keine neuen Schichten apponirt werden, behalten ihre ursprüngliche Dichte, ja ihre Dichte nimmt mit dem Alter noch zu. Auf die wachsenden Stärkekörner macht sich somit der Einfluß der Umgebung in der Art geltend, daß Lamellen, die demselben entzogen werden, an Wassergehalt gewinnen, Lamellen, die ihm dauernd ausgesetzt sind, besondere Dichte erreichen. Da nun jede neue Lamelle fest mit den vorhergehenden verbunden ist, so übt sie bei steigendem Wassergehalt einen Zug auf dieselben aus. Sie sucht dieselben auszudehnen, somit das ganze Stärkekorn zu vergrößern. Durch den auf die inneren Lamellen fort und fort geübten Zug wird die Wassereinlagerung in denselben begünstigt. Die Wassereinlagerung erfolgt aber nur in tangentialer Richtung. Das Korn strebt sich an der Peripherie unaufhörlich zu vergrößern, wird aber in diesem Bestreben durch die inneren, zu dehnenden Lamellen verhindert . . . Aus der gegebenen Entwickelungsgeschichte folgt, daß in einem wachsenden Stärkekorn der Kern am wasserreichsten sein wird.» Wie man sieht, ist die Erklärung mechanisch unklar, ferner auch der Ausgangspunkt gerade entgegengesetzt den Darlegungen *Meyer's*, welcher behauptet, die Umgebung wirke durch Fermente lösend auf die Stärke, und die inneren Schichten seien deshalb weniger dicht, weil sie schon eine längere Zeit der lösenden Wirkung ausgesetzt seien. — Die Annahme eines sphärokrystallinischen Baus *(Schimper, Meyer)* hält Verf. für unzulässig, es sei möglich, daß die einzelnen radialen Elemente der Lamellen in ihrer Lage der Stellung entsprächen, welche die Mikrosomen in den die Stärkelamellen bildenden Plasmalagen inne hatten, bei relativ unvollständiger tangentialer Verschmelzung dieser Mikrosomen. — In Anwendung der für die Stärkekörner angezogenen Spannungen und Veränderungen ergebe sich (unter Zugrundelegung der Apposition) für die Cellulosemembranen gerade das entgegengesetzte.

IV. Das Flächenwachsthum der Zellhäute und die Faltenbildung. Da Verf. der Intussusceptionstheorie keinerlei Berechtigung zuerkennt, beziehungsweise die Cellulose als feste organisirte Substanz unmittelbar durch Spaltung aus dem Plasma

hervorgehen läßt, hält er eine Einschaltung neuer Cellulosemoleküle in das Gerüst der Membranen für unmöglich; alle nachträglichen Volumänderungen der Membranen und Stärkekörner erklärt er als auf Quellungserscheinungen beruhend. Es erwächst ihm hiermit die Aufgabe, auch das Flächenwachsthum der Membranen von seinem Standpunkte zu erörtern: Wie schon *Schmitz* führt Verf. dasselbe ausschließlich zurück auf Dehnung der Membranen. Als Beispiele für Flächenwachsthum durch Dehnung sind angezogen die Radialwände des Cambiums der Kiefer, welche, anfangs dick, in dem Maße dünner werden, als sie an Breite zunehmen; der dicke Zellstoffring der Oedogonien wird zu einer gleichmäßig dünnen Wand ausgedehnt u. s. w. Wo in alten Wänden neuerdings Flächenwachsthum beginnt, wird eine die Dehnbarkeit erhöhende Action des angrenzenden Plasmas angenommen. Verf. findet seine auf histologischem Wege gewonnenen Anschauungen auch ganz in Einklang mit der Theorie von der passiven Dehnung der Zellwände durch Turgor: Während der Dehnung würden die Zellwände durch Apposition neuer Lamellen verstärkt, wobei die äußeren Lamellen über die Elastizitätsgrenze gedehnt werden müßten.

V. Die Doppelbrechung der organisirten Gebilde. Bekanntlich rührt dieselbe nach *Nägeli* von krystallinischen doppelbrechenden Elementen her, während Verf. dieselbe, wie schon von anderen Autoren geschehen ist, durch Spannungsverhältnisse zu erklären sucht.

VI. Der Molekularbau der organisirten Gebilde. Verf. macht sich hiervon auf *Kekulé* fußend folgende Vorstellung. Die Celloide, aus welchen die Organismen bestehen, bauen sich aus Einzelmolekülen auf, welche durch mehrwerthige Atome sich zu netzartigen Massen vereinigen. Je nach der Verschiebbarkeit der Moleküle sind die Massen quellungsfähig oder nicht. Die Maschen des Netzes sind mit Wasser oder anderer Flüssigkeit gefüllt und von der Größe der Maschen hängt die Menge des vorhandenen Wassers ab, soweit nicht Quellung eintritt. Bei der Quellung halten sich die Affinität der Substanzmoleküle und die Anziehung zum Wasser im Gleichgewicht u. s. w. Auch für Proteïnkrystalle wird die nämliche netzförmige Struktur angenommen, nur müßten hier die Molekularnetze eine regelmäßige Ausbildung besitzen. — Besonders labil sei der molekulare Bau beim Protoplasma, auch wachse dasselbe durch Intussusception d. h. seine Volumzunahme hänge unmittelbar zusammen mit den chemischen Processen, die sich in seinem Innern abspielen.

VII. Die Wegsamkeit der Zellhäute. Es sind hier verschiedene Erscheinungen zusammengestellt, welche annehmen lassen, daß die plasmatischen Körper benachbarter Zellen nach Analogie der Siebröhren mit einander durch Wandporen communiciren können; hiedurch wäre eine innige Verbindung im ganzen Organismus hergestellt, und es könnte direkte Wanderung von Plasmamassen durch die Zellwandungen stattfinden. *C. K.*

***A. Burgerstein.* Ueber das Empfindungsvermögen der Wurzelspitze** mit Rücksicht auf die Untersuchungen von *Ch. Darwin.* Sep.-Abd. aus dem XVIII. Jahresber. des Leopoldstädter Communal-, Real- und Obergymnasiums in Wien. 24 S. Wien 1882. Selbstverlag des Verf.

Weitere kritische Beiträge zur Würdigung der von Darwin[1]) aufgestellten

---

[1]) Siehe diese Zeitschrift. Bd. IV. p. 395.

Behauptung von dem Empfindungsvermögen der Wurzelspitze, welche wie das Gehirn eines niederen Thieres funktioniren sollte. Die Versuchsergebnisse stimmen mit den zuerst von *Wiesner*[1]), dann von *Detlefsen*[2]) gewonnenen Resultaten überein. Von einer solchen Empfindlichkeit gegen Druck und Berührung kann keine Rede sein, da die Wurzeln, abgesehen von anderweitigen Erfahrungen, auch Stanniolplatten durchbohren können, mögen sie senkrecht oder schief auftreffen u. s. w. Erst bei größeren Widerständen entsteht Seitwärtskrümmung, die aber das direkte Resultat dieser Widerstände ist. Die *Darwin*'sche Krümmung *(Wiesner)* ist auf Verletzungen zurückzuführen, wie schon *Wiesner* gezeigt hat. Diese Krümmung ist eine Wachsthumserscheinung, auf deren Zustandekommen folglich die Temperatur wesentlichen Einfluß übt. Verf. zeigt, daß die Angabe *Darwin's*, schon bei wenig über 20° C. verliere die Wurzelspitze die Fähigkeit zur Ausführung dieser Krümmung (resp. nach *Darwin* ihre Empfindlichkeit), unrichtig ist; Mais- und Fabawurzeln krümmen sich noch bei Temperaturen selbst über 30°. — Die Erklärung *Detlefsen's* für das Zustandekommen der Krümmung verwirft Verf., ist vielmehr der Ansicht, daß die näheren mechanischen Vorgänge noch durchaus dunkel seien. *C. K.*

Th. W. Engelmann. **Zur Biologie der Schizomyceten.** Botanische Zeitung 1882. Nr. 20 u. 21.

Uns interessirt aus dieser Abhandlung zunächst die außerordentliche Empfindlichkeit einer dem Spirillum tenue Cohn nächst kommenden Form gegen Sauerstoff, beziehungsweise die Eigenthümlichkeit dieser Spirillen, Orte bestimmter Sauerstoffspannung aufzusuchen. Blieb ein viele Spirillen enthaltender Tropfen mit einem Deckglas bedeckt an der Luft im Licht oder Dunkeln stehen, so häuften sich die Spirillen innerhalb weniger Minuten längs des Randes des Deckglases an. Während aber die gewöhnlichen Bakterien sogleich nach dem äußersten Rande streben, lag die Spirillenzone stets in einigem Abstande davon, nach einwärts vom Deckglasrande. Mit Aenderung der Sauerstoffspannung änderte sich augenblicklich der Abstand der Spirillenzone vom Rande des Deckglases: bei sinkender Sauerstoffspannung sich verringernd, bei wachsender steigend, unter Umständen bis auf einige Millimeter. Aehnliches ließ sich am Rande von Luftblasen beobachten, die unter dem Deckglas eingeschlossen waren. Gewöhnliche Bakterien drängen sich bald unmittelbar um die Luftblase dicht zusammen, die Spirillen aber häufen sich zunächst in einiger Entferung von der Blase an in einer concentrischen Zone, erst allmälig näher rückend und zuletzt die Luftblase berührend. In derselben Weise äußerte sich der Einfluß verschiedener Sauerstoffspannung auf die Spirillen, wenn sich im Tropfen grüne Algen befanden: bei abnehmender Lichtstärke rückten die Spirillen der Oberfläche der Zellen näher, um bei wachsender Lichtstärke wieder zurückzuweichen u. s. w. Aus diesen Beobachtungen zieht Verf. den Schluß, daß die Spirillen Orte aufsuchen, in denen die Sauerstoffspannung niedriger ist als in der atmosphärischen Luft. An Orten solch geringerer Spannung waren sie auch am ruhigsten oder die Bewegung am gleichmäßigsten; bei Aenderung nach auf- oder abwärts trat sofort gesteigerte Unruhe ein, welche schließlich bei genügender Größe und Dauer der Abweichung vom Optimum einem lähmungsartigen Zustande Platz machte. — Auch verschiedene andere niedere

[1]) Ibid. p. 398. [2]) Ibid. Bd. V. p. 271.

Organismen verhielten sich wie diese Spirillen. Verf. hält zur Erklärung dieses Verhaltens die Annahme eines die Bewegung regulirenden Empfindungsvermögens bei diesen Organismen für nothwendig, man müsse diesen die Empfindung der Athemnoth zuschreiben, sie reagirten in einer Weise auf Aenderungen des Sauerstoffgehalts des umgebenden Mediums, welche nur graduell und in Nebensachen von der Art und Weise der Reaktion der höchsten Thiere verschieden sei. — Andere lebhaft bewegliche niederste Organismen, welche allgemein zu den Pflanzen gerechnet werden z. B. Navicula, ließen weder dyspnoische Unruhe, noch irgendwelche Neigung, bei Sauerstoffmangel eine dargebotene, bequem zugängliche Sauerstoffquelle aufzusuchen, erkennen. *C. K.*

Th. W. Engelmann. **Ueber Sauerstoffausscheidung von Pflanzenzellen im Mikrospektrum.** Botanische Zeitung 1882. Nr. 26.

Untersuchung der Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung grüner Zellen von der Wellenlänge des Lichts mittelst der Bakterienmethode[1]) unter Anwendung eines Mikrospektralapparats (durch welchen ein mikroskopisch kleines Spektrum in der Ebene des Objekts entworfen wird). Die Bakterienmethode ließ sich in zweierlei Formen zur Beantwortung der Frage nach der relativen Wirksamkeit der verschiedenen Strahlen in Bezug auf die Sauerstoffausscheidung verwenden. Verf. unterscheidet die beiden Wege als Methode der simultanen und successiven Beobachtung. ***1. Methode der simultanen Beobachtung.*** Man beobachtet die Wirkung der verschiedenen Strahlen des Spektrums auf verschiedene nebeneinandergelegene Stellen desselben Objekts oder verschiedene, möglichst gleichartige und gleichmäßig über das Spektrum vertheilte Objekte gleichzeitig. Hiezu eignen sich z. B. besonders Fadenalgen, Diatomeenkolonien. Bei von Null an wachsender Lichtstärke beginnt die Bewegung der in unmittelbarer Nähe der grünen Zellen durch Sauerstoffmangel zur Ruhe gekommenen Bakterien im Allgemeinen zuerst im Roth, gewöhnlich zwischen *B* und *C* oder doch nahe bei *C*. Bei weiterem Steigen der Lichtstärke breitet sich die Wirkung nach beiden Seiten hin aus bis in den Anfang des Ultraroth und ins Violett. Es bleiben aber anfänglich Anhäufung und Geschwindigkeit der Bakterien am größten im Roth. Für grüne Zellen, nicht für braune (Diatomeen) und blaugrüne (Oscillarineen) läßt sich im Sonnenlicht (nicht im Gaslicht) ein Minimum im Grün etwa bei *E*, ein zweites Maximum, etwa bei *F*, nachweisen. Bei sehr großer Lichtstärke werden die Unterschiede geringer, indem Anhäufung und Geschwindigkeit an allen Stellen des Spektrums sehr bedeutend werden, es bleibt aber ein sehr merklicher Unterschied zu Gunsten des rothen Theils. Nimmt die Lichtstärke allmälig ab, so wiederholen sich diese Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge. ***2. Methode der successiven Beobachtung.*** Das nämliche Objekt (welches klein oder doch schmal sein muß) wird nacheinander in die verschiedenen Theile des Spektrums gebracht und jedesmal die geringste Spaltweite aufgesucht, bei der die Bakterien in nächster Nähe des Objekts sich bewegen. Mit gleichartigen, nicht allzuempfindlichen Bakterien gestattet dies Verfahren äußerst scharfe Messungen, deren Verf. verschiedene mittheilt: Die für die verschiedenen Gegenden des Spektrums angegebenen Größen der Sauerstoffausscheidung sind den minimalen Spaltweiten umgekehrt proportional gesetzt, bei welchen noch Bakterienbewegung beobachtet

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IV. p. 411.

wird. Bei Einstellung in den Anfang des Ultraroths wurde nie Wirkung beobachtet, die Sauerstoffausscheidung beginnt erst im äußersten sichtbaren Roth. Sie erreicht ihre größte Stärke zwischen *B* und *C* und sinkt von hier mit abnehmender Wellenlänge anfangs schnell, später langsamer. Im Spektrum des Sonnenlichts erfolgt dieser Abfall langsamer als in dem von Gaslicht, und liegt für grüne Zellen (nicht für braune und blaugrüne) ein Minimum im Grün, etwa zwischen *E* und *b*, ein zweites Maximum im Blau, etwa bei *F*. «Berücksichtigt man die viel beträchtlichere Größe der Dispersion im blauen Theil des prismatischen Spektrums, so ergiebt sich, daß für Sonnenlicht die assimilatorische Wirkung der blauen Strahlen bei *F* der der rothen zwischen *B* und *C* kaum nachsteht.» — Demnach giebt die Bakterienmethode andere Resultate als die Gasanalyse und das Zählen der Gasblasen. Verf. sucht den Grund der andersartigen Ergebnisse nach diesen Methoden darin, daß Blätter und ganze Pflanzen verwendet wurden, bei denen man es mit der Wirkung des Lichts auf eine Anzahl aufeinanderfolgender chlorophyllhaltiger Schichten zu thun habe. Nur die oberflächlichste Schicht empfängt nahezu unverändertes Licht, während sich bei den tieferen die Absorption der oberflächlicheren geltend macht. Diese Absorption betrifft aber vor Allem die rothen Strahlen zwischen *B* und *C*, welche gerade die wirksamsten sind, sowie die gleichfalls sehr wirksamen blauen bei *F*. Da nun die Sauerstoffausscheidung der oberflächlichen Chlorophyllschicht im Allgemeinen nur ein verhältnißmäßig kleiner Theil der gesammten Sauerstoffproduction des Blattes ist, können die Maxima der Wirkung bei letzteren nicht mehr zwischen *B* und *C* und auf *F* fallen, sondern wird im Allgemeinen die stärkste Wirkung im Gelb bis Grün zu erwarten sein. Nach der Bakterienmethode läßt sich der Einfluß dieser Absorption deutlich erkennen, und Verf. sucht gerade in der Möglichkeit, den Einfluß der Lichtabsorption hiebei so gut wie völlig auszuschließen, einen der wichtigsten Vorzüge dieser Methode. *C. K.*

F. v. Höhnel. **Beiträge zur Pflanzenanatomie und Physiologie: Ueber die Mechanik des Aufbaues der vegetabilischen Zellmembranen.** Vorläufige Mittheilung. Botanische Zeitung 1882. Nr. 36 u. 37.

Nägeli hat seiner Zeit gefunden, daß Bastfasern mit starken Quellungsmitteln behandelt sich verkürzen. Verf. sucht die von *Nägeli* zur Erklärung dieser und anderer Erscheinungen gegebene Darlegung als unbegründet zu erweisen und geht selbst aus von molekularen Spannungen, welche wahrscheinlich in jeder Zellmembran existirten und das Quellungsresultat mit bestimmten. Als auf Analogiefälle wird auf Glaswollfäden, dünne Leim- oder Gummifäden, Schellack- oder Seidenfäden verwiesen, in welchen große molekulare Spannungen vorhanden sind: die Moleküle sind in longitudinaler Richtung zu weit entfernt, in der Radialrichtung einander zu sehr genähert, am Umfange stärker als in der Mitte. Wegen der Starrheit der Objekte können diese Spannungszustände nicht ausgeglichen werden, wohl aber tritt dies ein, wenn die Moleküle z. B. durch Erwärmung beweglich werden. Schellack- und Glasfäden verkürzen sich hiebei, ebenso Gummifäden bei Wasserzusatz, Seide in concentrirter Schwefelsäure. In jeder gestreckten Zellmembran finde eine starke longitudinale molekulare Zugspannung (negative Spannung) statt, weil die Moleküle in dieser Richtung mehrmals weiter entfernt fixirt seien als ihrem natürlichen Anziehungsbestreben entspreche. In der Radial-

richtung seien dagegen die Moleküle einander zu sehr genähert, in dieser Richtung bestehe eine sehr starke positive (Druck-) Spannung. In der Tangentialrichtung endlich finde eine mehr oder weniger starke molekulare Zugspannung statt. Die Verkürzung der Bastfasern und anderer, namentlich stark gestreckter Elemente bei starker Quellung sei nur einfach Folge des Ausgleichs dieser Spannungen: Annäherung der Moleküle in der Längsrichtung, Entfernung in der Querrichtung. Als Ursache der Entstehung dieser Spannungen in den Zellwänden werden der osmotische Druck des Zellsafts und die Gewebespannungen bezeichnet.

Von diesen kurz skizzirten Gesichtspunkten ausgehend, zieht Verf. einige weitgehende Folgerungen bezüglich des inneren Baues und der Entstehung der Zellmembran und einiger anderweitigen Erscheinungen. 1. Die Annahme von Krystallmicellen als Bestandtheile der Zellwände sei überflüssig, da die erwähnten Spannungen zur Hervorrufung von Polarisationserscheinungen ausreichten. Uebrigens sei die Annahme solcher Krystallmicelle überhaupt nicht genügend begründet, sie erkläre nicht alle Erscheinungen, die sich durch die angegebenen molekularen Spannungen ganz gut verstehen ließen. 2. Manche Eigenthümlichkeiten der Quellungserscheinungen ließen sich mit Hülfe der molekularen Spannungen einfach erklären. Wenn z. B. bei kurzen Stücken von Bastfasern die inneren Schichten sehr stark radial und stark tangential quellen und sich dabei wenig verkürzen, während die äußeren Schichten schwächer tangential quellen und sich viel stärker verkürzen, so rühre dies von solchen Spannungen, sei zugleich ein Beweis dafür, daß die Wandung der Bastfasern durch Apposition in die Dicke wachse. Die äußeren Schichten müßten stärker longitudinal gedehnt sein als die inneren später entstandenen, daher auch die geringere Verkürzung der letzteren. 3. Wie eben angeführt, schließt Verf. aus dem verschiedenen Verhalten der inneren und äußeren Schichten quellender Bastfasern auf Dickenwachsthum durch Apposition. Er stellt die Ansichten und Beobachtungen verschiedener Forscher über diesen Wachsthumsmodus kurz zusammen und zieht für den vorliegenden Zweck den Schluß, daß, «wenn man sich über die Ursache der Verkürzung der gestreckten Zellwände bei starker Quellung klar geworden ist, man keinen Augenblick daran zweifeln kann, daß die so verschiedene Verkürzung diverser Schichten auf Appositionswachsthum zurückzuführen ist». Nach der bekannten *Sachs*'schen Theorie geschieht die Einlagerung neuer Moleküle erst dann, wenn durch Membrandehnung Platz geschafft ist. Wenn nun beim Flächenwachsthum genügend viele Moleküle eingelagert würden, könnten negative Spannungen in der fertigen und trocknen Membran nicht vorkommen, durch die Existenz solcher Spannungen sei also sicher gestellt, daß immer zu wenig Moleküle eingelagert werden, das Flächenwachsthum immer zum Theil in einer einfachen Dehnung der Membranen über die Elastizitätsgrenze hinaus beruhe. Wahrscheinlich bestehe das Flächenwachsthum bei langen Bastfasern, Tracheiden, protoxylematischen Gefäßen, Collenchymfasern, langen Haaren, manchen Algen u. s. w. ganz oder der Hauptsache nach in einer einfachen mechanischen Streckung, wobei gewissermaßen Appositionsdickenwachsthum in Flächenwachsthum verwandelt werde. 4. Die Streifung, Areolirung und Schichtung der Membranen führt Verf. auf die bezeichneten Spannungsverhältnisse und das Appositionswachsthum zurück. Die Richtung der Streifungen werde einfach durch den Grad und die Art der Dehnung und die Homogenität

der Membranen bewirkt. Je stärker die einfache Dehnung, je weniger die Intussusception eingreife, um so schöner werde Schichtung und Areolirung; nicht eine selbstthätige Differenzirung des Wassergehalts der Membranen bewirke diese Erscheinung, sondern die continuirlich wirkenden Druck- und Zugkräfte, welchen die Wandung ausgesetzt sei und welche je nach Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit der Wandung verschiedene Effekte hervorrufen, so daß z. B. bei durchaus homogener, überall gleich dehnbarer, nur dem osmotischen Druck ausgesetzter Membran die Streifung, die Quer- und Längsrichtung einnehme, bei ungleichmäßiger Wandung oder nicht überall gleichem Zug aber schief werde. «Ich will durch das Gesagte keine Theorie der Entstehung der Streifung und Schichtung aufgestellt haben, sondern nur einige Gesichtspunkte zur Geltung bringen, die neu sind und zweifellos Licht auf diese Erscheinungen zu werfen im Stande sind». Verf. stellt baldige Publikation einer näheren Erörterung des Obigen in Aussicht[1]). *C. K.*

***H. Vöchting.* Die Bewegungen der Blüthen und Früchte.** Mit 2 Tafeln und 7 Holzschnitten, 199 S., Bonn 1882, bei Max Cohen u. Sohn.

Schon mehrfach beschäftigten sich die Untersuchungen mit den oft auffälligen Richtungsänderungen, welche die Stiele von Blüthen und Früchten im Verlaufe der Entwickelung zeigen, oft nacheinander entgegengesetzt an demselben Stiele und ursächlich auf verschiedener Mechanik beruhend. Verf. beschreibt in dieser Schrift die von ihm mit einer Reihe von Arten angestellten sehr gründlichen und eingehenden experimentellen Prüfungen.

1. Versuche mit Narcissus Pseudonarcissus. Der Schaft trägt eine einzige Blüthe auf kurzem Stiele, welche im geöffneten Zustande mit der Längsachse ungefähr horizontal sich stellt, während die junge Knospe vertikal aufwärts gerichtet ist. Die Krümmung ist eine hauptsächlich auf Streckung beruhende Wachsthumserscheinung; sie vollzieht sich auch im Dunkeln, unterbleibt aber bei allseitig gleicher Schwerkraftswirkung (Versuche am Klinostaten). Also ist dieselbe bewirkt durch einseitige Wirkung der Schwerkraft. Der Stiel an sich hat das Bestreben, gerade zu wachsen, er ist, wie Verf. sich ausdrückt, rectipetal. (Curvipetal heißen Organe, welche sich aus autonomen Ursachen krümmen). Die Rectipetalität äußert sich darin, daß bereits gekrümmte Stiele nach Aufhören des krümmenden Einflusses wieder mehr oder weniger gerade werden. Nur Stiele an vertikal aufrechten oder höchstens bis zu einem Rechten geneigten Schäften aber krümmen sich so, daß die Längsachse der Blüthe horizontal kommt. Ist dagegen der Schaft vertikal abwärts gerichtet oder abwärts geneigt bis zur Horizontalen, so bleibt der Stiel gerade, oder wenn bereits Krümmung eingetreten war, streckt er sich mehr oder weniger gerade in Richtung der Achse des Schafts. Die Krümmung bei aufrechter Stellung des Schafts ist, wie bereits erwähnt, Folge des Einflusses der Schwerkraft; für die gerade Stellung des Stiels bei abwärts gerichtetem und horizontal liegendem Schaft nimmt Verf. die Rectipetalität in Anspruch. «Die Blüthe von Narcissus bietet uns ein bemerkenswerthes Beispiel für den Transversal- oder Diageotropismus von Organen dar . . . Der hier vorliegende Fall ist um so merkwürdiger, als die Schwerkraft nur dann auf das Objekt einwirkt, wenn es senkrecht oder geneigt nach oben sieht; dagegen einflußlos wird, wenn es abwärts gerichtet ist.» Hieran schließt sich eine

[1]) Vergl. hierher das Referat über *Strasburger's* Arbeit. p. 468.

spezielle Behandlung des Einflusses der Lichtwirkung, und als Schlußergebniß stellt sich heraus, daß unter normalen Verhältnissen bei der Lage dieser Blüthen die Schwerkraft, die Rectipetalität und wahrscheinlich das Licht zusammenwirken, daß in der horizontalen Lage Schwerkraft und Rectipetalität sich im Gleichgewicht befinden. — Die eben besprochenen Bewegungen sind activer Natur und werden mit einer gewissen Kraft ausgeführt, mit deren Messung sich nun Verf. beschäftigt. Er findet gleiche Arbeitsleistung, mag bei vertikal-aufrechtem Schaft Krümmung oder in umgekehrter Lage Geradestreckung des Blüthenstiels eintreten. Daß das Gewicht der Blüthe selbst bei den Bewegungsvorgängen höchstens nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen kann, ergiebt sich nicht allein aus diesen Versuchen, in denen die Blüthe während der Krümmung ein Gewicht ziehen mußte, sondern auch aus anderweitigen Versuchen, in denen dieselbe umgekehrt mit einem Gewichte belastet wurde. — Hemmt man die Krümmung des Stiels durch Befestigung, so suchen sich gleichwohl die betreffenden Wachsthumsvorgänge abzuwickeln, es gelingt auch nicht, eine schon vorhandene Krümmung durch gewaltsame Streckung und Befestigung zu beseitigen. — Bei N. poëticus herrschen im Wesentlichen dieselben Verhältnisse. Bei dieser Art wurde auch Nachwirkung der Schwere, wahrscheinlich auch der Rectipetalität constatirt, ebenso, daß es für das Verhalten des Stiels gegenüber äußeren und inneren Einflüssen gleichbedeutend ist, ob der Schaft befestigt ist und die Blüthe sich frei bewegen kann oder umgekehrt.

2. Versuche mit Agapanthus umbellatus. Die Blüthen stehen in einer Dolde, wobei die geraden Stiele radienförmig von der Ansatzstelle ausstrahlen. Auf ihnen stehen die Blüthen so, daß ihre Längsachse horizontal ist, auf den unteren Stielen aber mit diesen eine ungefähr gerade Linie bildet. In der Jugend sind die Stiele negativ geotropisch, später gerade werdend zeigen sie nicht einmal die horizontal gerichtete Aufwärtskrümmung, oder diese ist sehr schwach. Die horizontale Stellung der Blüthen beruht auf Transversalgeotropismus, und sind die Verhältnisse im Ganzen die nämlichen wie bei Narcissus. Während der Ausbildung der Frucht krümmt sich der Stiel scharf abwärts, was Verf. auf positiven Geotropismus zurückführt. Also wäre hier die Knospe (resp. der Stiel zu dieser Zeit) negativ, die Blüthe transversal, die Frucht positiv geotropisch.

3. Versuche mit Hemerocallis flava. «Aus dem (beschriebenen) Ergebniß folgt, daß die Krümmung des Blüthenstiels durch die einseitige Wirkung der Schwerkraft bedingt wird, daß aber eine vorhandene Krümmung nach Aufhebung dieses einseitigen Einflusses durch Rectipetalität nicht wieder ausgeglichen wird. Die Blüthe von Hemerocallis kann man demnach horizontal-geotropisch nennen.»

4. Versuche mit Papaver. Bei fast allen untersuchten Arten steht die junge Blüthenknospe senkrecht nach oben, später krümmt sich der Stiel energisch abwärts, um sich vor dem Aufblühen wieder gerade zu strecken, so daß die Blüthe wieder senkrecht nach oben sieht. Nach den Versuchsergebnissen entwirft Verf. folgendes Bild dieser Bewegungen: «Der junge Stiel mit Knospe ist seiner ganzen oder nahezu ganzen Länge nach positiv geotropisch, und krümmt sich dem entsprechend nach unten. Bei seiner weiteren Entwickelung wird ein immer länger werdendes basales Stück negativ geotropisch und richtet sich in Folge dessen empor, während der vordere Theil gekrümmt bleibt. Ein und derselbe Stiel zeigt also in verschiedenen Regionen zwei Formen des Geotropismus, nega-

tiven und positiven .... Je näher die Knospe der Entfaltung rückt, um so kürzer in Beziehung auf den ganzen Blüthenstiel wird der positiv gekrümmte Theil desselben, bis endlich kurz vor dem Aufblühen die letzte Spur von positivem Geotropismus schwindet, und der Stiel sich unter dem Einfluß der an die Stelle des letzteren tretenden negativen Form derselben Kraft und der Rectipetalität gerade aufrecht streckt. In dieser Lage entfaltet sich die Blüthe, und diese Lage behält auch die Frucht bei. Dieses Verhalten des Stiels findet jedoch nur dann statt, wenn derselbe sich in normalem Zusammenhang mit der Knospe befindet. Wird letztere entfernt, dann ändern sich die Verhältnisse vollständig. Es erlischt dann der positive Geotropismus des vorderen Theiles des Stiels, und der letztere ist nun seiner ganzen Länge nach negativ geotropisch.» Zur Erklärung nimmt Verf. an, daß der Blüthenstiel stets negativ geotropisch sei, von der Knospe aber Einflüsse ausgehen, welche diese Eigenschaft überwinden und bewirken, daß er positiv geotropisch reagirt. Verf. setzt aber selbst bei, daß die Richtigkeit dieser Annahme schwer zu erweisen sein dürfte, indem die Entfernung der Knospe auch pathologische Vorgänge auslöst. Besondere Versuche zeigten, daß nicht die ganze Blüthe das Verhalten des Stiels bedingt, sondern nur der Fruchtknoten. Ist dieser entfernt oder sein Inhalt zerstört, so streckt sich der Stiel gerade, er verhält sich so, als ob die ganze Blüthe entfernt wäre. Hieraus schließt Verf., es müßte für den Fruchtknoten der Wechsel in der Lage von Bedeutung sein, und es knüpft sich hieran die Frage, ob die Lage des Fruchtknotens mit der Stellung der Samenknospen in ursächlichem Zusammenhange steht. Die Samenknospen sind campylotrop und derart befestigt, daß ihr Mikropylenende an der Placenta des vertikal aufrechten Fruchtknotens nach unten und auswärts gerichtet ist. Normaler Weise entwickelt sich also der junge Embryo in geneigt aufwärts gerichteter Lage, er wächst nach oben. Zwingt man den Fruchtknoten, während der verschiedenen Entwickelungsphasen in der seiner natürlichen Richtung entgegengesetzten Lage zu bleiben, so tritt keine Aenderung in der Lage der Samenknospen ein, es vermag sich der Embryo auch in der verkehrten Stellung zu entwickeln und zur wachsthumsfähigen Pflanze heranzuwachsen. Ob die abnorme Lage die Entwickelungsprocesse solcher Keimlinge beeinträchtigt, ist nicht sicher entschieden, jedoch beobachtete Verf., daß Keimlinge aus normal aufrechten Kapseln früher aus dem Boden kamen, in größerer Zahl, zunächst kräftiger wuchsen, während sich später die Unterschiede verwischten.

5. Versuche mit Tussilago Farfara. An den geraden oder nur ganz schwach geneigten Stielen blühen die Köpfchen auf. Gegen Ende der Blüthezeit beginnt ein erhebliches Längenwachsthum des Stiels, während dessen er sich allmälig an seiner Spitze abwärts krümmt, so daß er endlich einen weiten Bogen bildet und das geschlossene Köpfchen senkrecht nach unten hängt. Mit Eintritt der Samenreife richtet der Stiel sich wieder in senkrechter Lage auf. Die Stiele sind zwar positiv heliotropisch, es vollzieht sich aber die Beugung auch im Dunkeln. Ursachen der Beugung wie bei Papaver, nur daß eben hier die Krümmung nach aufwärts erst nach der Blüthe geschieht.

6. Versuche mit Cyclamen. Die junge Blüthenknospe ist anfänglich gerade aufwärts gerichtet oder geneigt, später aber senkrecht abwärts gekehrt. Kurz vor und während des Aufblühens vermindert sich die Krümmung, die Blüthe

sieht nur mehr geneigt nach unten. Das Gewicht der Blüthe ist nicht Ursache der Krümmung, ebensowenig negativer Heliotropismus, sondern die Krümmung ist positiv geotropischer Natur. Die Stiele sind der größeren Länge nach negativ, an der Spitze dagegen positiv geotropisch. Ihrer Blüthen oder Knospen beraubte Stiele gleichen die Krümmung nicht aus (Unterschied von Papaver und Tussilago), «der positiv geotropische Theil des Stiels wird nach Entfernung der Blüthe oder Knospe weder negativ geotropisch, noch behält er seine Rectipetalität.» — Nach der Befruchtung krümmen sich die bis dahin aufrechten Theile des Blüthenstiels bogenförmig abwärts, was *Darwin* auf negativen Heliotropismus zurückführt. Verf. vermuthet eine Zusammenwirkung dieser Ursache mit positivem Geotropismus.

7. Versuche mit Viola. Die junge Knospe sieht gerade oder geneigt aufwärts, später krümmt sich die Spitze des Stiels vollständig nach unten und zwar stets von der Mutterachse hinweg. Auch diese Bewegungen führt Verf. auf positiven Geotropismus zurück. Ebenso die analoge Krümmung von

8. Aquilegia vulgaris.

9. Versuche mit Fritillaria, wo gleichfalls die anfangs auf geraden Stielen befindlichen Knospen durch Krümmung der Stiele senkrecht abwärts zu stehen kommen. Die Krümmung ist eine aktive und wird mit ziemlicher Energie ausgeführt und ist auf positiven Geotropismus zurückzuführen.

10. Versuche mit Polygonatum multiflorum. Sowohl die Krümmung des Stengels als der Blüthenstiele wird durch positiven Geotropismus verursacht.

11. Versuche mit Leucojum vernum. Auch hier rührt die Krümmung an der Spitze des Stiels von positivem Geotropismus; dagegen ist es bei

12. Galanthus nivalis das Gewicht der Blüthe, welches dieselbe in die abwärtsgerichtete Lage bringt.

13. Versuche mit Helleborus. Bei einer Anzahl Arten ist die Abwärtskrümmung der in der Entwickelung weiter vorgeschrittenen Blüthen eine passive, durch den Zug des Gewichts der Blüthen bewirkt.

14. Versuche mit Asphodelus luteus. Die Stielkrümmung ist eine epinastische, d. h. durch spontanes Wachsthum der Stieloberseite bedingt.

15. Versuche mit Allium controversum. Die Ursachen der eigenthümlichen Krümmungen des oberen Schafttheils sind vorläufig nicht näher bekannt.

16. Versuche mit Erodium cicutarium. Der junge Doldenstiel biegt sich seiner ganzen Länge nach, im hinteren und mittleren Theil mehr oder weniger geneigt aufwärts, im vorderen scharf abwärts, wodurch die jungen Knospen nach abwärts sehen. Später strecken sich die Stiele wieder gerade und erheben sich mehr oder weniger vom Boden (die Versuchspflanzen waren dem hellen Sonnenlicht ausgesetzt). Während anfänglich der ganze Stiel krümmungsfähig war, werden die Bewegungen mehr und mehr bloß von den Gelenken ausgeführt. In der bezeichneten Lage öffnen sich die Blüthen, bald nach dem Verblühen aber legt sich der Doldenstiel dem Boden fast horizontal an, gegen Ende der Fruchtreife richtet er sich wieder empor bis zur Vertikalstellung. Diese Bewegungen sind das Resultat einer combinirten Wirkung von Licht und Schwerkraft. Die zuerst beschriebene Aufwärtskrümmung im hinteren, Abwärtskrümmung im vorderen Theil des jungen Stiels beruht auf überwiegendem negativem Geotropismus im hinteren und vorwiegendem negativem Heliotropismus im vorderen Theile. Die Lage des

Stiels während der Blüthe ist ebenfalls eine Combinationswirkung von Licht und Schwere, es halten sich jetzt beide Kräfte ungefähr das Gleichgewicht. Nach dem Verblühen überwiegt das Licht, deshalb legt sich jetzt der Stiel dem Boden an. Bei der endlichen Aufrichtung des Stiels überwiegt entweder der negative Geotropismus über den negativen Heliotropismus oder letzterer verschwindet, was nicht entschieden wurde. Ober- und Unterseite des Gelenks der Doldenstiele verhalten sich gleich empfindlich gegen den Einfluß der Schwerkraft. — Bezüglich der eigenthümlichen Bewegungen der Blüthenstiele, welche Verf. näher beschreibt, ist er zu keiner völligen Entscheidung gelangt, hält aber für unzweifelhaft, daß die Schwerkraft dabei eine Hauptrolle spielt, während Mitwirkung des Lichts nicht sicher ist.

17. Versuche mit Geranium pyrenaicum.

18. Versuche mit Taraxacum officinale. An sonnigen Orten, bei freiem Stande legen sich die Stiele dem Boden an, das dem Aufblühen nahe Köpfchen wird emporgehoben durch Krümmung dicht hinter diesem, mit Eintritt der Samenreife erhebt sich der ganze Stiel vertikal aufrecht. An schattigen Orten oder bei gedrängtem Stande zeigt sich das andere Extrem, daß nämlich die Stiele einfach aufwärts wachsen oder es finden sich mancherlei Zwischenformen. Diese Bewegungen beruhen auf einer combinirten Wirkung von Licht und Schwerkraft. Bei starker Beleuchtung überwiegt der negative Heliotropismus, der dann zur Fruchtzeit vom negativen Geotropismus übertroffen wird, bei schwächerer Beleuchtung reagiren die Stiele positiv heliotropisch. — Schneidet man die Köpfchen von dicht dem Boden anliegenden Stielen ab, so erheben sich diese (negativ geotropisch), woraus Verf. schließt, „daß die Wirkung des Lichts sich in erster Linie am Köpfchen äußert, und daß von diesem aus die Bewegung des Stiels bedingt wird“.

19. Bewegungen vegetativer Organe. Wie oben erwähnt, hat Verf. den Begriff der Rectipetalität aufgestellt und nachdem er die Eigenschaft der Rectipetalität bei so vielen Blüthenstielen findet, hat er auch abgeschnittene Laubsprosse (und Keimstengel) auf „Rectipetalität“ geprüft. Da er findet, daß aus horizontaler Stellung im Dunkeln aufgekrümmte Zweige nachher am Klinostaten, bei horizontaler Achse desselben gedreht, diese Krümmung mehr oder weniger ausgleichen, wird auch diesen «Rectipetalität» zugeschrieben. — Entgegen anderweitigen Angaben rührt die Krümmung des Hypocotyls von Helianthus annuus nicht vom Gewicht der Cotylen, sondern von spontaner Nutation und wird mit einem gewissen Kraftaufwande ausgeführt. Ebenso bei Ricinus.

Wir haben im Obigen eine Darlegung des wesentlichen Inhalts dieser Schrift zu geben versucht, ohne auf Einzelheiten eingehen zu können oder zu wollen. Denn ein kritischer Einblick setzt ja genaues Studium aller Details voraus. Vor Allem ergiebt sich eine erhebliche Verschiedenheit der thätigen Ursachen, in vielen Fällen aber wurden die verschiedenen Arten des Geotropismus als wesentlich wirksam erkannt, wobei vor Allem der Wechsel je nach dem Entwickelungszustande auffällt, eine Erscheinung, die sich übrigens auch in anderen Fällen vielfach äußert. Einfache Massenwirkung war seltener zu constatiren, obwohl sich gewiß den untersuchten Arten noch viele andere anreihen werden. Öfter wirkt auch das Licht sehr energisch ein und in einigen Fällen mußten innere Ursachen entscheidend

sein. — Verf. präcisirt den Begriff von Rectipetalität und Curvipetalität gegenüber Plagiotropismus und Orthotropismus [*Sachs*[1])]: «Die beiden Ausdrücke beziehen sich auf das Verhalten der Organe unter dem Einfluß von lediglich inneren Bedingungen. In diesem Umstande liegt das Unterscheidende derselben von den Bezeichnungen Orthotropismus und Plagiotropismus, durch die unter normalen Bedingungen, d. h. der gleichzeitigen Wirkung innerer und äußerer Kräfte, stattfindende verschiedene Wachsthumsformen von Pflanzentheilen charakterisirt werden.» *C. K.*

A. Tschirch. **Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort**[2]). Verhandl. des bot. Ver. der Prov. Brandenburg. Jahrg. XXIII. S. 20. und «der Naturforscher» 1882. Nr. 27.

In einem im botanischen Verein der Provinz Brandenburg gehaltenen Vortrage behandelte Verf. zunächst die Einrichtungen, die neben der Struktur der Ausführungsgänge für den Wasserdampf an den Assimilationsorganen angetroffen werden und als Schutzmittel gegen die Trockenheit angesprochen werden können. Es sind dies die folgenden:

1) Eine erhebliche Verstärkung der Cuticula, sowie Einlagerung fester, anorganischer Partikelchen in die Cellulosewand dient, da beide für Wasserdampf nicht, bezw. schwer durchgängig sind, als Schutzmittel gegen Dürre. Das Hypoderm oder die mehrschichtige Epidermis scheint dagegen mit Lichtwirkungen in Beziehung zu stehen, da dieselben sowohl bei Pflanzen trockener, wie feuchter Klimate angetroffen werden.

2) Wachsüberzüge drücken, wie Versuche an jungen Blättern von Eucalyptus globulus zeigen, die Verdunstungsgröße erheblich herab. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß von Blättern desselben Blattpaares das eine mit dem Wachsüberzuge, das andere von demselben befreit welken gelassen wurde. Sie zeigten, daß besonders in späteren Stadien des Versuchs der Schutz, den Wachsüberzüge gewähren, ein ganz erheblicher ist und oft die Verdunstungsgröße um 13 % herabdrückt.

3) Auch die Haarbekleidungen der Blätter müssen, sobald sie erheblich sind, als Schutzmittel in Anspruch genommen werden, sowohl gegen die schädlichen Einflüsse großer Temperaturschwankungen, wie gegen Insolation und Austrocknen überhaupt, da sie sich wie ein Schirm über die zunächst verdunstenden Epidermiszellen breiten. Man hat daher schon längst zwischen kahlen Schatten- und behaarten Insolationsformen unterschieden. Aber auch dadurch, daß sie über den Spaltöffnungen einen Raum schaffen, der mit Luft und Wasserdampf gefüllt, nur geringe Communication mit der umgebenden Luft besitzt, werden sie der Verdunstung hindernd in den Weg treten.

4) Die Reduction der Verdunstungsoberfläche wird selbstverständlich mit einer Vereinigung der Verdunstungsgröße verknüpft sein. Zunehmende Dicke der Blätter im Verhältniß zur Länge und Breite vermindert die Verdunstung, während dünne breite Blattorgane eine erheblich größere Verdunstungsoberfläche besitzen.

5) Auch die Stellung der Blattfläche kann als Anpassungsmittel an Trockenheit aufgefaßt werden. So wird eine senkrechte Stellung der Blattoberfläche einen

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. II. p. 469.

[2]) Vergl. das Referat in dieser Zeitschrift. Bd. V. Heft 3/4. S. 272.



Schutz gegen Insolation darbieten und dadurch sowohl, wie durch den Umstand, daß Spaltöffnungen in halbbeleuchteten Blättern weniger weit geöffnet sein werden, die Organe vor zu raschem Vertrocknen schützen. Beides, Reduction der Oberfläche wie senkrechte Stellung der Blattfläche, tritt ausschließlich an Pflanzen auf, die in trockenen Klimaten, resp. an trockenen Standorten angetroffen werden.

6) Außer diesen Schutzeinrichtungen, welche die Morphologie des Laubes und die Struktur des Epidermalgewebes betreffen, sind nun noch einige anzuführen, die auf der Anatomie des inneren Blattgewebes beruhen. Zunächst kann durch eine Einschränkung der Intercellularräume des Blattes, also durch eine Verringerung der Verdunstungsoberfläche im Innern des Blattes dem schädlichen Einflusse langer trockener Perioden begegnet werden. Aber nicht nur durch Beschränkung und Verkleinerung der Intercellularräume wird die Verdunstung herabgemindert, sondern auch durch die eigenthümliche Communicationsweise der Durchlüftungsräume selbst, welche bei einzelnen Pflanzen den Wasserdampf zwingen, sich in Zickzackbahnen, also sehr verlangsamt zu bewegen.

7) Auch die Beschaffenheit des Zellsaftes findet man als häufig angewandtes Schutzmittel gegen Dürre. Erstlich wird, da Salzlösungen bekanntlich langsamer verdunsten, als reines Wasser, Salzgehalt des Zellsaftes die Verdunstung beschränken. Aehnlich wirkt der Schleim der echten Succulenten; bei diesen kommt noch hinzu, daß ihr Zellgewebe so gebaut ist, daß es ihnen möglich wird, in der Zeit der Wasserfülle eine Menge Feuchtigkeit aufzuspeichern, die ihnen dann für die Zeit der Trockenheit voll und ganz zur Verfügung steht, und die an zu rascher Verdunstung auch meist noch durch eine dicke Cuticula oder über die Epidermis gebreitete Wachsüberzüge gehindert wird.

8) Aber auch die Festigkeitsverhältnisse der Blattorgane scheinen in Beziehung zur Trockenheit des Klimas zu stehen. So findet man ausnahmslos bei Pflanzen, die einem trockenen Klima angepaßt sind, eine auffallende Starrheit des Laubes. Dieselbe, oft nur von der Dicke der Epidermis bedingt, hat in den weitaus meisten Fällen ihren Grund in einer Versteifung des Blattes durch die mannigfachsten mechanischen Elemente. Es finden sich in trockenen Klimaten sowohl die druckfesten, wie die biegungsfesten Constructionen an den Blattorganen mehr entwickelt.

9) In ihrem Werth für wasserarme Gegenden nicht zu unterschätzen sind die meist durch Strebewände aus mechanischen Zellen hervorgerufenen Kammerbildungen. Sie ermöglichen ein Absterben einzelner Partien des assimilatorischen Gewebes durch Austrocknen, ohne daß dadurch die benachbarten, durch Wände abgeschlossenen Kammern in Mitleidenschaft gezogen werden.

Für alle die genannten Schutzeinrichtungen läßt sich leicht nachweisen, daß sie stets an Pflanzen angetroffen werden, die entweder in trockenen Klimaten oder an trockenen Standorten vorkommen, also des Schutzes bedürftig sind. In wie weit der Gehalt an ätherischen Oelen und das Auftreten von Dornen in Beziehung zu klimatischen Verhältnissen steht, ist nicht zu entscheiden; doch muß constatirt werden, daß die Häufigkeit der Dornen mit der Trockenheit des Klimas zunimmt.

Was nun schließlich den Spaltöffnungsapparat betrifft, so kommt neben dem anatomischen Bau der Stomata selbst noch die Anzahl, die Vertheilung derselben, wie die Maximalweite der Centralspalte in Betracht. Aus den vielen, in der

Litteratur vorliegenden Zahlenangaben läßt sich deshalb ein allgemeines Resultat nicht ableiten, da die Zählung meist an Pflanzen vorgenommen wurde, deren Spaltöffnungen nicht unmittelbar vergleichbar sind: doch läßt sich schon hier nicht verkennen, daß mit der zunehmenden Trockenheit des Standortes die Zahl der Stomata abnimmt.

Ueber die Oeffnungsweite der Centralspalte liegen nur sehr wenige Beobachtungen vor, und doch wird sie wesentlich in Rechnung zu ziehen sein, wenn die Frage nach den Beziehungen des Spaltöffnungsapparates zu Klima und Standort endgültig gelöst werden soll. Die Anordnung der Stomata endlich ist ein sehr häufig angewandtes Mittel, den Blattorganismus in der Zeit der Trockenheit zu schützen. Man findet die Spaltöffnungen oft in Krügen, contractilen Längsrinnen oder auf der Unter- oder Oberseite einrollbarer Blätter. Bei letzteren ist das Blatt, sobald es genügende Feuchtigkeit zugeführt erhält, ausgebreitet, bezw. die Längsrinnen offen, während es, wenn Wassermangel eintritt, sich einrollt, bezw. die Längsrinne sich schließt.

Um nun die Beziehungen der Anatomie des Spaltöffnungsapparates zu den klimatischen und Standortsverhältnissen aufzusuchen, war es zunächst nothwendig, in das Chaos der Spaltöffnungsformen etwas System zu bringen. Ein nach dieser Richtung unternommener Versuch unterscheidet 18 verschiedene Typen. Wenn man nun die Pflanzen nach diesen Typen gruppirt, und dieselben mit den klimatischen und Standortsverhältnissen in Connex zu setzen sucht, so zeigt sich, daß sowohl mit zunehmender Trockenheit des Klimas wie des Standortes die Schutzeinrichtungen an dem Spaltöffnungsapparate zunehmen, so zwar, daß die in feuchtem, tropischem Klima, oder in schattigen Wäldern vorkommenden Pflanzen gar keine, die in den dürren Wüsten Australiens und auf trockenem Sande lebenden die meisten Schutzeinrichtungen besitzen; ja, daß bei ein und derselben Gattung die Form nach den Standorten wechselt, und man Uebergänge von einer gar nicht geschützten bis zu einer Spaltöffnung mit stark vertieftem Vorhofe findet.

F. Cohn. **Ueber die mechanischen Wirkungen des Lichts bei den Pflanzen.** Bot. Centralblatt von O. Uhlworm. Bd. X. 1882. Nr. 3. S. 108—110.

Einem Vortrage des Verf. in der Sitzung der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur vom 16. Februar d. J. entnehmen wir nachstehende Daten.

Zu den bekannten Wirkungen des Lichts, den physiologischen, welche durch Erregung der Netzhaut Licht- und Farbenempfindungen auslösen, den thermischen, zu denen auch die an gewisse Temperaturen gebundenen oder durch Steigerung derselben geförderten oder herabgestimmten chemischen (die thermochemischen) Processe gerechnet werden müssen, und den spezifischen, nicht durch Wärme, sondern durch Lichtschwingungen erregten photochemischen Erscheinungen, treten bei den Pflanzen auch mechanische hinzu, welche bestimmte Bewegungen auslösen. Die durch die photomotorischen Kräfte des Lichtes beeinflußten Bewegungen sind dreierlei Art: 1) Pflanzenorgane stellen sich in eine durch die einfallenden Lichtstrahlen bestimmte Richtung oder wachsen in dieser Richtung fort: Richtungsbewegungen *(Pfeffer)*, heliotrope Bewegungen; 2) freie Zellen oder Zellenfamilien, die sich spontan, automatisch im Wasser fortbewegen (Schwärmzellen) schwimmen in einer von den einfallenden Lichtstrahlen abhängigen Richtung: phototaktische Bewegungen *(Strasburger)*, Schwimmbewegungen *(Pfeffer)*; das Protoplasma im

Innern der Zellen oder die vom Protoplasma eingeschlossenen Körner bewegen sich in einer vom Licht bestimmten Richtung.

Allen photomotorischen Erscheinungen gemeinsam ist:

1) Das Licht erzeugt nicht die Bewegung, sondern die aus anderen (meist inneren) Ursachen erzeugte (Wachsthums-, Schwimm- oder Strömungs-) Bewegung nimmt durch das Licht eine bestimmte Richtung an; die Körper bewegen sich in der Regel in der Richtung der Lichtstrahlen (negativ heliotrop) oder dieser entgegengesetzt (positiv heliotrop) oder senkrecht gegen die Richtung (diaheliotrop);

2) die photomotorische Kraft wohnt fast ausschließlich den stärker brechbaren (blau-violetten) Lichtstrahlen bei und geht den schwächer brechbaren rothen vollständig ab;

3) ungleichachsige lichtempfindliche Zellen werden in der Regel so gerichtet, daß sich ihre Längsachse in die Richtung des einfallenden Lichtstrahls stellt; sie zeigen dabei polares Verhalten, indem die eine Endfläche positiv, der Lichtquelle zugekehrt, die entgegengesetzte negativ, von der Lichtquelle abgewendet wird (Schwärmzellen, Pallisadenzellen der Blätter, Grundgewebe der Stengel und Wurzel);

4) in gewissen lichtempfindlichen Zellen tritt eine Umkehrung im polaren Verhalten der Endflächen ein, so daß die positiven Endflächen negativ werden und umgekehrt, entweder in periodischem Wechsel, oder in verschiedenen Entwickelungszuständen (Schwärmzellen, Stengel des Epheu, Blüthenstiele u. s. w.);

5) direktes Sonnenlicht erzeugt in der Regel photomotorische Erscheinungen in umgekehrter Richtung als diffuses Tageslicht, und ähnlich den in der Finsterniß oder im rothen Lichte eintretenden Bewegungen (Schlafbewegungen von Blättern, Anordnung der Chlorophyllkörner und Schwärmzellen im Sonnenlicht);

6) die photomotorischen Erscheinungen lassen sich im Allgemeinen als für das Pflanzenleben zweckmäßig erkennen, die Pflanzen werden durch die Lichtstrahlen in eine Richtung gebracht, welche ihrem Leben günstig ist; grüne Zellen wenden sich daher dem Lichte entgegen, farblose von ihm ab, oder werden gar nicht afficirt; grüne Schwärmzellen suchen anfangs das Licht und fliehen es vor der Keimung, um eine günstige Keimstätte zu suchen; die Ranken des Weinstocks richten sich negativ, um einen Stützpunkt für ihre Anhaftung zu finden, aber positiv, wenn sie sich in Blüthenstände umbilden; Wurzeln sind stets negativ gerichtet;

7) da auf die lichtempfindlichen Zellen gleichzeitig Lichtstrahlen in verschiedener Intensität und Richtung einwirken, so ist die wirklich erregte Bewegung als die Resultante aller photomotorischen Kräfte aufzufassen. Wird z. B. bei einseitiger Beleuchtung das direkte (vom Fenster) kommende Licht durch einen undurchsichtigen oder auch durch einen rothen Glasschirm abgeblendet, so treten die von den Wänden reflectirten Strahlen in Wirksamkeit und die sonst positiven Pflanzen richten sich negativ (nach dem Zimmer), was ebenso bei Schwärmzellen wie bei lichtempfindlichen Phanerogamen bemerkbar wird;

8) bei den Schwärmzellen wird (wie bei den Lichtmühlen) auch die Rotationsrichtung durch die Richtung der Lichtstrahlen beeinflußt, positive Schwärmzellen rotiren oft in umgekehrter Richtung als negative;

9) eine mechanische Theorie der photomotorischen Erscheinungen ist noch nicht möglich; da jedoch einerseits membranlose Schwärmzellen, andererseits farb-



lose Pilze und Wurzeln Heliotropismus zeigen, so kann weder die Cellulosemembran, noch das Chlorophyll die lichtempfindliche Substanz sein; es ist daher wohl im Protoplasma selbst oder in gewissen Bestandtheilen desselben der Sitz der photomotorischen Wirkungen zu vermuthen.

Obige Sätze stützte der Vortragende auf eine Darstellung der bisherigen Untersuchungen über diese Fragen, wobei insbesondere auf die Arbeiten von *Famintzin*, *Borodin*, *Böhm*, *Frank*, *Wiesner*, *Sachs*, *Strasburger*, *Stahl* und seine eigenen (Ber. d. Naturf.-Vers. in Hannover S. 219) eingegangen wurde.

F. Elfving. **Ueber eine Wirkung des galvanischen Stroms auf wachsende Wurzeln.** Botanische Zeitung 1882. Nr. 16 und 17.

Es giebt Pflanzentheile, welche von dem galvanischen Strome gerichtet werden. Läßt man zwischen zwei in Wasser tauchenden Elektroden Keimwurzeln z. B. von Faba wachsen, so beobachtet man nach einiger Zeit deutliche Krümmung gegen den positiven Pol. Bei einem Elektrodenabstande von einigen Centimetern genügt schon ein Element von *Léclanché* zur Hervorrufung der Krümmung. Dieselbe erfolgt in der Nähe der Spitze und schreitet oft so weit, daß die Spitze fast wagrecht wird, oder selbst eine leichte Aufwärtskrümmung zu Stande kommt. Nach einiger Zeit stirbt aber die Spitze ab. Diese Reaction zeigten die Keimwurzeln vieler Arten, wenn sie vom galvanischen Strom senkrecht zur Längsachse durchsetzt wurden, unabhängig von der Natur der Elektroden, natürlich beeinflußt von der Stärke des Stroms, welche wieder die Zeit bis zum Eintritt der Krümmung bestimmt. Z. B. Fabawurzeln waren bei Anwendung von 4 Elementen schon nach 5 Stunden deutlich gegen den Strom concav, bei nur einem Element aber erst nach weiteren 15 Stunden. Uebrigens reagiren die Wurzeln noch auf ziemlich schwache Ströme; so trat schon Krümmung ein bei einem Elektrodenabstand von 9 cm und einem Element. Indessen ist zu bemerken, daß die erwähnte Krümmung nicht ausnahmslos eintrat, vielmehr auch von Wurzeln derselben Art einzelne gerade blieben oder sogar convex gegen den Strom sich krümmten. Verf. betrachtet diese Fälle als abnorme Erscheinungen. — Das Phänomen ist eine Wachsthumserscheinung; die Krümmung erfolgt nur in der wachsenden Strecke. Das Längenwachsthum wird durch den Strom verlangsamt. — Ging der Strom parallel der Längsachse, wobei die Wurzel die eine Elektrode bildete, die andere, eine Metallplatte, sich unter der Wurzelspitze befand, so wuchsen die Wurzeln gerade senkrecht nach unten oder sie starben ab. Gesetzmäßige Krümmungen traten in keiner Weise ein. Auch dann wurde keine Krümmung erhalten, wenn die Wurzelspitze, die eine Elektrode bildete, während die andere Elektrode eine vertikal oder schief daneben aufgestellte Metallplatte war, mochte auch der Abstand der Elektroden, die Stromstärke und der Neigungswinkel der Platte verschieden variirt werden. Wurde die Wurzel nicht selbst als Elektrode benutzt, sondern befand sich dieselbe, mit der Spitze senkrecht abwärts, zwischen den Elektroden, so trat Aufwärtskrümmung ein, also gegen den positiven Pol, bei absteigendem Strom. Ein aufsteigender Strom veränderte die Wachsthumsrichtung nicht. — Die Nebenwurzeln (von Faba) verhielten sich im Wesentlichen wie die Hauptwurzel, da-

[1]) Diese Zeitschrift Bd. IV. p. 395.
[2]) Ibid. Bd. IV. p. 398.
[3]) Ibid. Bd. V. p. 271.

gegen gelang es nicht, die Krümmung an in Erde wachsenden Wurzeln hervorzurufen.

Obiges bezieht sich auf Wurzeln, welche sich unter der Einwirkung des galvanischen Stroms gegen den positiven Pol krümmen. Es giebt aber auch solche, welche sich gerade entgegengesetzt krümmen, allerdings in geringerer Verbreitung, und sicher wurde dieses Verhalten überhaupt nur bei Brassica oleracea constatirt. Bei anderen Arten waren die Resultate schwankend. *C. K.*

A. Tschinkel. **Einwirkung der Elektricität auf das Pflanzenwachsthum.** Wiener landw. Zeitung, 1882. Nr. 41. S. 327.

In vorbezeichneter Mittheilung führt Verf. einige Daten aus seinen Untersuchungen über die Einwirkung der Elektricität auf das Pflanzenwachsthum an. Seine Versuche über die Einwirkung eines constanten Stromes auf das Erdreich, bezw. auf die in dasselbe gesäeten Samen hatten sichtlich großartige Erfolge.

Bei seinen Versuchen verband Verf. einen Pol der elektrischen Batterie mit einem Metallstreifen (von Kupferblech), welcher sich längs der schmäleren Begrenzungsseite des Versuchsfeldes hinzog, den anderen Pol mit der zu dieser Begrenzungslinie parallel gehenden. Ein Streifen Feldes gleicher Größe, an das erstere angrenzend, diente zum Vergleiche. Beide Felder wurden mit demselben Samen und unter gleichen Umständen bebaut. Der unter dem Einflusse des elektrischen Stromes stehende Boden bewirkte einen rascheren und kräftigeren Aufgang des angesäeten Samens. Die Differenz des Aufganges auf beiden Feldern umfaßte einen Zeitraum von ca. 6—8 Tagen. Die Differenz in der Entwickelung der beiden Pflanzen war ebenfalls auffallend. Die späteren Versuche, wo Verf. in den Boden senkrecht versenkte Kupfer- und Zinkplatten als Elektricitätserreger verwendete, erwiesen sich ebenfalls gleich vortheilhaft.

«Diese günstige Einwirkung der Elektricität auf das Pflanzenwachsthum läßt sich durch folgende Punkte erklären: 1. Durch das Durchgehen des elektrischen Stromes durch den Erdboden werden die in demselben befindlichen Salze und andere Stoffe zerlegt und es wird der Pflanze eine größere Menge von zu ihrem Gedeihen unbedingt benöthigten Stoffen zugeführt. Der Dünger wird rascher zersetzt und die darin enthaltenen Stoffe werden schneller und vollständiger der Pflanze zur Aufnahme zugeführt. 2. Das Wasser wird in Wasser- und Sauerstoff zerlegt, welch' letzterer als Gas alle in dem Boden befindlichen Theile der Pflanze umgiebt und dieser in einer der wichtigsten Lebensbedingungen dadurch Vorschub leistet. 3. Da die erwähnten Platten als Elektricitätserreger bis in die tieferen Schichten des Erdbodens reichen, so wird, wenn die oberen Schichten bereits durch Luft und Wärme ausgetrocknet sind, die untere Feuchtigkeit vermöge ihrer Zerlegung den Pflanzen noch in Gasform zugeführt (?), somit die Bodenfeuchtigkeit möglichst ausgenutzt.

(Anm. des Ref.) Bei Gelegenheit der internationalen Elektricitäts-Ausstellung in München hat Ref. ähnliche Versuche ausgeführt, welche ein obigem entgegengesetztes Resultat lieferten. Es wurden dabei zwei Holzkästen benutzt, die 20 cm hoch, ebenso breit und 80 lang und inwendig mit Glas ausgesetzt waren. Beide Kästen wurden mit gleichen Mengen gut durchfeuchteter und zuvor sorgfältig gemischter Gartenerde beschickt. Hierauf wurde in die Erde des einen Kastens an den beiden Enden desselben je eine, fast den ganzen Querschnitt

einnehmende Zinkplatte gesenkt und jede derselben mit einem Pol einer aus 10 Meidinger Elementen bestehenden elektrischen Batterie verbunden. Beide Kästen wurden alsdann mit verschiedenen Sämereien und zwar mit Radieschen, Gerste, Roggen, Buchweizen, Senf, Sommerraps und Sonnenblumen in der Weise besäet, daß die Pflanzen in Reihen, welche senkrecht zur Längsachse des Kastens gezogen waren, und in diesen in gleichmäßig vertheilten Abständen zu stehen kamen. Jede Reihe enthielt 6 Pflanzstellen. Die Aufstellung der Kästen erfolgte in einem Vegetationshause, welches im Ausstellungspalaste erbaut worden war. Die unter dem Einfluß des elektrischen Stromes stehenden Pflanzen liefen nicht allein später auf, sondern zeigten auch eine viel ungleichmäßigere und schwächlichere Entwickelung, als die unter gewöhnlichen Verhältnissen gewachsenen. *E. W.*

C. W. Siemens. **Ueber den Einfluß des elektrischen Lichtes auf die Vegetation.** Nature. Vol. XXIV, p. 567. Annales agronomiques. 7. Bd., 1881, S. 476 u. 477 und «Der Naturforscher», 1882, Nr. 6.

Nachdem nachgewiesen war, daß künstliches Licht im Stande ist, den Assimilationsproceß der Pflanze in derselben Weise zu fördern, wie das Sonnenlicht, lag es nahe, die in neuester Zeit in dem elektrischen Lichte zur Verfügung stehenden, intensiven, künstlichen Lichtquellen für Versuche in dieser Richtung zu verwenden. Derartige Versuche hat nun in jüngster Zeit der Verf. angestellt und wiederholt über den Erfolg derselben, über das Wachsen der Pflanzen im elektrischen Lichte, berichtet. In allerletzter Zeit hat er diese Versuche in großem Maßstabe ausgeführt und über das Ergebniß einen Bericht erstattet, dem wir Folgendes entnehmen:

Eine Hochdruckdampfmaschine von 6 Pferdekräften trieb zwei *Siemens*'sche Dynamo-Maschinen, die gesondert mit zwei elektrischen Lampen verbunden waren, von denen jede eine Lichtstärke von 4000 Kerzen besaß. Eine von diesen Lampen befand sich innerhalb eines Glashauses von 2318 Kubikfuß Inhalt, während die anderen in einer Höhe von 12—14 Fuß über reinem gleichen Gewächshaus angebracht war. Der Dampf der Maschine wurde condensirt und diente als warmes Wasser zur Erwärmung der Vegetationshäuser. Die Versuche begannen am 23. Oktober 1880 und dauerten bis 7. Mai 1881. Die Lampen wurden um 6 Uhr, während der kürzesten Tage um 5 Uhr angezündet, und leuchteten mit Ausnahme des Sonntags, jede Nacht bis zum Morgengrauen. Die über dem Gewächshaus befindliche Lampe war mit einer Hülle von durchscheinendem Glase umgeben, die andere trug einen Reflektor und sandte ihre Strahlen direkt auf die Gewächse. Die Temperatur der Häuser wurde auf möglichst 15° erhalten.

Eine große Anzahl von Gemüsepflanzen und Blumen wurden im Glashaus gepflanzt, und als Ergebniß beobachtet, daß der Einfluß des Lichtes in der freien Luft über den Treibhäusern ein wohlthätiger war, während die Pflanzen im Haus mit dem nackten elektrischen Licht bald ein welkes Aussehen zeigten. In der Vermuthung, daß die Verbrennungsprodukte des elektrischen Lichtes in letzterem Falle schädlich gewesen sein könnten, wurden in das Glashaus kleine Dampfstrahlen geleitet, welche mit dem Dampf auch frische Luft einführten, so daß sich gleichsam Wolken zwischen die Pflanzen und das Licht lagerten. Diese Aenderung hatte zwar einen entschieden günstigen Einfluß; gleichwohl war es schließlich nöthig, das elektrische Licht mit einer Laterne aus hellem Glase zu

umgeben, um einerseits die Verbrennungsprodukte abzuleiten, andererseits einen Schirm zwischen die Pflanzen und das Licht zu stellen.

Die Wirkung der Vorrichtung war eine höchst überraschende. Wurde eine Scheibe klaren Glases so zwischen gestellt, daß nur ein Theil der Pflanzen geschützt war, so zeigte sich schon nach einer Nacht die Begrenzungslinie der Schirmwirkung auf den Blättern sehr deutlich. Die Pflanzen, die unter dem Einfluß des nackten Lichtes selbst in einer Entfernung von 9—10 Fuß standen, waren deutlich verwelkt, während die Pflanzen unter dem Schirm von dünnem Glase ein gesundes Aussehen zeigten; und diese Begrenzungslinie beider Wirkungen zeigte sich selbst auf den einzelnen Blättern. Auch auf den jungen Stengeln der Pflanzen zeigte sich diese schädliche Wirkung des nackten Lichtes, selbst in einer Entfernung von 20 Fuß von der Lichtquelle.

Offenbar lag hier eine Wirkung der Absorption bestimmter Strahlengattungen durch das Glas vor, und Verf. hat versucht, diesen Verhältnissen näher zu treten. Da das elektrische Licht sehr reich ist an unsichtbaren, sehr brechbaren Strahlen und da diese bei dem Durchgange des Lichtes durch mattes Glas stark absorbirt werden, so liegt die Vermuthung nahe, daß es diese stark brechbaren Strahlen sind, welche die Zellen zerstören und den günstigen Einfluß der weniger brechbaren Strahlen dadurch wieder aufheben. Um dies näher zu begründen, verfuhr Verf. in folgender Weise. Der Boden des Versuchsraumes wurde mit schnellwachsenden Pflanzen besäet und in gleicher Entfernung vom elektrischen Licht in passender Weise in Felder getheilt, von denen eins der Wirkung des nackten Lichtes, das zweite mit einer Scheibe hellen Glases, das dritte mit gelbem Glase, das vierte mit rothem und das fünfte mit blauem Glase bedeckt war. Täglich wurde die Entwickelung der Pflanzen auf den einzelnen Feldern notirt und folgende Resultate erzielt: Unter dem hellen Glase zeigte sich das stärkste und kräftigste Wachsthum; am nächsten zu diesen standen in ihrer Entwickelung die Pflanzen unter gelbem Glase, doch hatten hier die Pflanzen nicht dieselbe Farbe und Dicke des Stengels wie dort; das rothe Glas erzeugte schmächtiges Wachsen und gelbliche Blätter, während das blaue Glas noch schmächtigeres Wachsthum und kranke Blätter erzeugte; das Feld endlich, das unbedeckt geblieben, zeigte ein verkümmertes Wachsthum mit sehr dunkeln und theilweise verwelkten Blättern. Hierzu sei bemerkt, daß während des Versuchs am Tage diffuses Tageslicht zu allen Pflanzen drang und daß für ausreichende Luftcirculation gesorgt war.

Diese Resultate, welche in Uebereinstimmung waren mit früheren, in kleinem Maßstabe zuerst von *J. W. Draper* im Jahre 1843 gewonnenen, veranlaßten den Verf. die weiteren Versuche mit elektrischem Licht in einer Lampe von hellem Glase anzustellen. Er beobachtete nun, daß Erbsen, welche Ende Oktober gesäet waren, unter dem Einflusse des continuirlichen, elektrischen Lichtes (mit Ausnahme der Sonntage) reife Früchte hervorbrachten am 16. Februar. Himbeerstöcke, die am 16. December ins Glashaus gesetzt wurden, erzeugten reife Früchte am 1. März, und Erdbeerpflanzen, die um dieselbe Zeit eingesetzt waren, erzeugten reife Früchte von ausgezeichnetem Geschmack und Farbe am 14. Februar. Weinstöcke, welche am 26. December aufgebrochen, erzeugten reife Trauben von strengerem Geschmack als gewöhnlich am 10. März. Weizen, Gerste und Hafer schossen mit ungewöhnlicher Schnelligkeit auf unter dem Einfluß continuirlicher

Belichtung; aber sie kamen nicht zur Reife; ihr Wachsthum war zu schnell und sie fielen, nachdem sie etwa 12 Zoll erreicht hatten, zu Boden. Günstiger waren die Resultate mit Weizen, Gerste und Hafer in freier Luft, unter dem Einfluß der äußeren elektrischen Lampe. Am 6. Januar ausgesäet, keimten sie wegen des Frost- und Schneewetters schwer, aber bei Eintritt der milderen Witterung entwickelten sie sich schnell und erzeugten Ende Juni reife Körner.

Daß die unter dem Einfluß continuirlichen Lichtes gewachsenen Pflanzen Früchte hervorbringen, welche im Stande sind, sich fortzupflanzen, bewies ein Versuch mit den Erbsen, die am 16. Februar gewonnen wurden aus Pflanzen, die bei continuirlicher Belichtung gewachsen waren. Diese Erbsen wurden am 18. Februar wieder ausgesäet; sie keimten in wenigen Tagen und zeigten das Aussehen gesunden Wachsthums.

Die vorliegenden Erfahrungen lehren die interessante Thatsache, daß eine ununterbrochene Belichtung der Pflanzen ihr Wachsthum beschleunigt in allen Stadien der Entwickelung, von der ersten Blattbildung an bis zur Fruchtreife. Die so erhaltenen Früchte sind bedeutender an Größe, an Aroma und an Farbe, als die Früchte, die sich bei abwechselnder Belichtung und Verdunklung entwickelt haben; es scheint ferner der gebildete Samen in keiner Weise an seiner Fortpflanzungsfähigkeit Einbuße erlitten zu haben. «Aber weitere Versuche sind nach meiner Ueberzeugung nothwendig, bevor es passend sein wird, allgemeine Schlüsse zu ziehen, ebenso hat diese Frage der täglichen Ruhe in keiner Weise einen Einfluß auf die nach der jährlichen oder Winterruhe, welche wahrscheinlich die meisten Pflanzen, welche nicht sogenannte jährliche sind, gebrauchen.»

Verf. giebt noch zum Zwecke der praktischen Einführung der elektrischen Beleuchtung für Gewächshäuser eine Berechnung der hieraus erwachsenden Kosten, die bedeutend dadurch verringert werden, daß die dynamo-elektrischen Maschinen gleichzeitig eine Reihe anderer für Garten und Feld nützlicher Arbeiten verrichten können. *E. W.*

***P. P. Dehérain.* Untersuchungen über den Einfluß des elektrischen Lichtes auf das Wachsthum der Pflanzen.** Annales agronomiques. Publiées par P. P. Dehérain. T. VII. 1881. p. 551—575.

Bei Gelegenheit der elektrischen Ausstellung zu Paris 1881 stellte Verf. verschiedene Versuche an, in welchen die Pflanzen in 5 Abtheilungen gebracht und in verschiedener Weise dem Lichte ausgesetzt wurden. In der einen Serie erhielten die Pflanzen Tag und Nacht elektrisches Licht, in der zweiten diffuses schwaches Tageslicht, Nachts elektrisches Licht; die dritte Parthie wurde am Tage im Freien einer starken Tagesbeleuchtung, Nachts über dem elektrischen Lichte ausgesetzt; die Pflanzen der vierten Abtheilung befanden sich am Tage unter dem Einfluß des schwachen Lichtes des Ausstellungsgebäudes, Nachts in Dunkelheit und die fünfte Pflanzengruppe wurde im Freien gehalten. —

Serie I. Wirkung des nackten elektrischen Lichtes. Die Wirkung einer ungefähr 2000 Kerzen starken Flamme war bereits 7 Tage nach Beginn der Versuche sichtbar und zwar war dieselbe bei der Mehrzahl der Gewächse eine sehr schädliche, namentlich in der Abtheilung, welche beständig elektrisches Licht erhielt. Alle Pelargonien hatten ihre Blätter verloren, die Blätter von Canna waren fleckig, diejenigen von Mirabilis Jalappa waren welk geworden; den merk-

würdigsten Einfluß hatte das elektrische Licht auf Syringa vulgaris ausgeübt: während die vom Licht direkt getroffenen Blätter schwarz wurden, behielten die von den höherstehenden Blättern beschatteten ihre schöne grüne Farbe und es hatte den Anschein, als ob die oberen auf die unteren Blätter photographirt worden wären. Dieselbe Wirkung zeigte sich bei den Azaleen, im minderen Grade bei Deutzia und Chrysanthemum.

Eine von Vesque vorgenommene Untersuchung der geschwärzten Blätter zeigte, daß die Epidermis allein betroffen war.

Die Pflanzen, welche nur Nachts durch das elektrische Licht beleuchtet wurden, waren zwar gleichfalls geschädigt, aber in einem minderen Grade. — Der nachtheilige Einfluß des elektrischen Lichtes machte sich übrigens bei den älteren Blättern mehr bemerkbar als bei den jungen; so hatten die Pelargonien, welche alle Blätter verloren hatten, neue Blätter mit außerordentlicher Schnelligkeit entwickelt und diese zeigten eine größere Widerstandsfähigkeit. — Schließlich suchte Verf. bei Elodea canadensis festzustellen, ob und in wieweit das elektrische Licht die Pflanzen befähige, die Kohlensäure zu zerlegen. Es stellte sich hierbei heraus, daß das elektrische Licht zwar diese Fähigkeit besitzt, aber in einem viel geringeren Grade als die Sonne; denn man erhält in einer Stunde an einem schönen Sommertage dieselbe Quantität Sauerstoff, welche man bei den in Rede stehenden Versuchspflanzen während mehrerer Tage gesammelt hatte.

Serie II. Wirkung des durch transparentes Glas gegangenen Lichtes. — Nachdem in der ersten Reihe dieser Versuche das direkte Licht sich von schädlichem Einfluß auf die Pflanzen gezeigt hatte, wurde in der zweiten Versuchsreihe die Lampe mit einer transparenten Glasglocke umgeben. Es ergab sich hierbei zunächst, daß das elektrische Licht unzureichend war, um die Entwickelung im Wachsthum befindlicher junger Pflanzen zu unterhalten. Die Gräser wurden wohl grün, verlängerten sich schnell, fielen aber endlich um; dasselbe war bei den Erbsen der Fall; die jungen Blätter des Mais zeigten schwarze Flecke wie im direkten Licht; die Schminkbohnen widerstanden längere Zeit, aber sie entwickelten nur die primären Blätter, und hielten dann schnell im Wachsthum inne. Das Licht genügte nur für die kräftigen, in voller Entwickelung befindlichen Pflanzen, welche Tag und Nacht unter elektrischer Belichtung standen. Keine Pflanze konnte ihre normalen Funktionen erfüllen, die Vegetation beschränkte sich lediglich auf die Blattentwickelung und keine öffnete ihre Blüthen. Die kräftig entwickelten Maispflanzen z. B. widerstanden zwar der Einwirkung des Lichtes, aber ohne Fortschritte zu machen; die neuen Blätter traten nur an die Stelle derjenigen, welche verwelkten. Bei den Rosen erschienen langsam einige neue Blätter; der Flieder behielt zwar seine Knospen, aber diese machten nur langsame Fortschritte; die Pflanzen von Chrysanthemum öffneten nicht eine Knospe, die Spitze ihrer Stengel verwelkte und eine kräftige Vegetation breitete sich von unten aus; der Lein erhielt sich lange Zeit, aber die Reife trat nicht ein, seine Stengel verlängerten sich stark, blieben grün und machten eine Menge Seitentriebe, die in den Kapseln enthaltenen Körner waren klein und verkrüppelt. Nur die Gerste gelangte zur vollständigen Reife. Die Pelargonien, welche nicht eine Blüthenknospe öffneten, waren bald mit neuen, an sehr langen Blattstielen sitzenden Blättern bedeckt. Was schließlich die Pflanzen mit persistirenden Blättern betrifft, so hielten sie sich, ohne sichtliche

Fortschritte zu machen (Dracaena, Camellia, Ficus, Aralia); die Azaleen bildeten Bouquets von neuen Blättern, ebenso Rhododendron, dessen Blüthenknospen sich vergrößerten, ohne sich zu öffnen.

Die Ursachen des ungünstigen Einflusses des elektrischen Lichtes auf die Vegetation führt Verf. zunächst darauf zurück, daß dasselbe für die Assimilation des Kohlenstoffs zu schwach sei. Es ergebe sich dies sowohl aus den oben mitgetheilten Versuchen, als auch aus dem Umstande, daß die Pflanzen ein übermäßiges Längenwachsthum der Stengel und Blattstiele und damit die charakteristischen Merkmale des Etiolements gezeigt haben. Weitere Versuche lehrten, daß das elektrische Licht auf die Transpiration nur eine schwache Wirkung ausübt. Dies war vorauszusehen, da diejenigen Strahlen, welche für die Verdunstung die wirksamsten, dies auch für die Zerlegung der Kohlensäure sind. So können die oben geschilderten Versuchsergebnisse auf das Fehlen dieser wirksamen (rothen) Strahlen, vielleicht aber auch auf die im Vergleich zum Sonnenlicht schwache Beleuchtung zurückgeführt werden. Letztere hat den Verf. gehindert, sicher festzustellen, ob das Licht während der Nacht vortheilhaft oder schädlich für solche Pflanzen sein wird, welche während des Tages gut beleuchtet wurden; aber seine Versuche haben doch gezeigt, daß es den Pflanzen, welche während des Tages das schlechte Licht des Ausstellungsgebäudes erhielten, nützlich gewesen ist, denn die während der Nacht beleuchteten waren in viel besserem Zustande als die während dieser Zeit in Dunkelheit versetzten....

Verf. weist schließlich darauf hin, daß die von ihm angestellten Versuche die Frage der Vortheilhaftigkeit einer fortwährenden Belichtung der Pflanzen zwar nicht aufgeklärt, folgende Thatsachen indessen sicher festgestellt hätten:

1) das elektrische Licht enthält der Vegetation schädliche Strahlen.

2) die Mehrzahl dieser schädlichen Strahlen wird durch transparentes Glas absorbirt.

3) das elektrische Licht besitzt genug nützliche Strahlen, um die Vegetation der Pflanzen unter dem ausschließlichen Einfluß desselben während eines Zeitraumes von 2½ Monaten zu unterhalten.

4) Die Menge der nützlichen Strahlen ist zu schwach, als daß junge Pflanzen gedeihen und erwachsene es zur Reife bringen könnten. *E. W.*

***F. Schwackhöfer*. Ueber die chemischen Veränderungen der Kartoffeln beim Frieren**[1]. Oesterr. landw. Wochenblatt. 1881. No. 47.

Die vom Verf. bei drei verschiedenen Kartoffelsorten angestellten Untersuchungen über die Wirkung des Frostes auf die chemischen Veränderungen der Knollen lieferten folgendes Resultat:

	in 100 Theilen Trockensubstanz.					
	I.		II.		III.	
	frisch.	gefroren.	frisch.	gefroren.	frisch.	gefroren.
Lösliche Bestandtheile	15,22	20,03	16,01	18,49	13,13	14,36
davon:						
Zucker	0,27	0,42	0,53	0,66	0,71	1,71
Dextrin	—	—	—	—	0,55	0,85

[1]) Vergl. die den gleichen Gegenstand betreffenden Versuche von *Müller-Thurgau*. Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. Heft 3/4. S. 288—293.



	in 100 Theilen Trockensubstanz.					
	I.		II.		III.	
	frisch.	gefroren.	frisch.	gefroren.	frisch.	gefroren.
Eiweißstoffe coagulirbar	2,26	2,04	2,78	1,92	3,43	2,76
» nicht »	4,32	4,69	4,68	5,34	1,62	0,99
Unlösliche Bestandtheile	84,78	79,97	83,99	81,51	86,85	85,64
davon:						
Stärke	66,94	58,17	70,52	61,57	75,52	72,32
Eiweißstoffe	2,86	2,69	—	—	2,26	3,45
Stärkewerth	67,18	58,55	71,00	62,16	76,71	74,71.

Aus diesen Zahlen und weiteren Betrachtungen zieht Verf. nachstehende Folgerungen:

1) Der Gehalt an löslichen Stoffen hat zugenommen, zum größten Theil auf Kosten des Stärkemehls.

2) In allen 3 Proben ist die Abnahme des Stärkemehls größer als die Zunahme an löslichen Stoffen: es mußten auch unlösliche Stoffe aus dem Stärkemehl gebildet werden. — Welche Verbindungen aus dem Stärkemehl entstehen, konnte nicht sicher ermittelt werden; jedoch geht Stärke als solche nicht in die lösliche Modifikation über. Auch die Zunahme an Zucker und solchen Stoffen, welche bei Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure unter Druck Zucker geben (in der Analyse als Dextrin angegeben) ist keine erhebliche.

3) Der widerlich süße Geschmack gefrorener Kartoffeln läßt sich nur dadurch erklären, daß neben geringen Mengen von Zucker auch noch andere süßschmeckende Substanzen entstehen, welche nicht zu den Zuckerarten gehören und auch durch Säuren nicht in Zucker übergeführt werden können.

4) Die Bildung eines diastatischen Körpers, welcher verzuckernd auf das Stärkemehl einwirkt, hat aus mehrfachen Gründen keine Wahrscheinlichkeit für sich; durch direkte Versuche wurde nachgewiesen, daß eine nennenswerthe Vermehrung des Zuckergehaltes beim Erwärmen der gefrorenen Kartoffelmasse nicht stattfindet.

5) Durch das Gefrieren geht gährungsfähiges Material verloren. *E. W.*

***H. Will.* Ueber den Einfluß des Einquellens und Wiederaustrocknens auf die Entwickelungsfähigkeit der Samen, sowie über den Gebrauchswerth «ausgewachsener» Samen als Saatgut.** Landw. Versuchsstationen. Bd. XXVIII. 1882. Heft 1 u. 2. S. 51—89.

Nach einer historischen Uebersicht über die einschlägigen Arbeiten, unter welchen diejenigen von *C. Kraus*[1]) merkwürdiger Weise vollständig unbeachtet bleiben, geht Verf. auf seine eigenen, mit Gerste, Hafer, Roggen, Weizen, Mais, Rothklee, Erbsen, Wicken und Buchweizen angestellten Versuche über.

Von jeder Sorte wurde eine größere Anzahl Körner in destillirtem Wasser theils 12, theils 24 Stunden lang eingequellt. Von den nur 12 Stunden in Wasser befindlichen Samen wurde der größere Theil zur Keimung ausgesetzt und der Keimproceß bei verschiedenen Entwickelungsgraden unterbrochen. Die auf diese Weise erhaltenen ausgewachsenen, sowie die gequollenen Körner wurden hierauf bei Zimmertemperatur getrocknet. Verf. erhielt auf diese Weise mehrere Entwickelungsstadien (meist 4—6), von denen die ersten beiden durch die bloß ge-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 275 u. Bd. IV. 1881. S. 59.

quollenen Samen repräsentirt wurden, während sich die folgenden durch das Hervortreten, bezw. durch die erreichte Länge der Plumula und Radicula unterschieden. Die so vorbereiteten Samen wurden der Keimung, resp. der Wiederkeimung unterworfen, indem sie zwischen feuchtes Fließpapier gelegt wurden. Die Schlußfolgerungen, welche Verf. aus seinen Versuchen ableitet, lauten folgendermaßen:

1. Die Keimkraft der völlig ausgereiften Samen unserer Culturpflanzen, mit Ausnahme einiger Erbsenposten, wird durch das Austrocknen nach 12stündiger Quellung überhaupt nicht, oder nur in sehr geringem Grade beeinflußt. Dagegen scheint die Ausdehnung der Quellungsdauer auf 24 Stunden in den meisten Fällen mit einer, wenn auch schwachen, Beeinträchtigung der Keimkraft verbunden zu sein. Die Erbsensamen sind zum Theil ganz besonders empfindlich gegen das Austrocknen. Es scheinen dabei physikalische Veränderungen eine Rolle zu spielen, welche die Samenschale während der Quellung und des Wiederaustrocknens erfährt und wodurch die Testa ihre Bedeutung als Schutzmittel verliert, so daß die gleichen Fäulnißerscheinungen an der Oberfläche der Samenlappen auftreten, welche an solchen Erbsensamen beobachtet werden, die nach der Quellung entschalt und getrocknet wurden.

2. Einzelne Samen ertragen sogar eine Unterbrechung des Keimprocesses in dessen Anfangsstadien. Die bei der ersten Keimung entwickelten Würzelchen sterben allerdings ab, es entwickeln sich aber Ersatzwurzeln aus dem hypocotylen Stammgliede oder der oberirdischen Achse. Die Plumula ist resistenter als die Wurzeln; geht auch ihre Vegetationsspitze zu Grunde, so erzeugt der Same dennoch bisweilen ein Keimpflänzchen durch die Entwickelung der Knospen in den Achseln der Plumulascheide (bei den Cerealien) oder der Primordialblättchen bezw. Kotyledonen (bei den Dicotyledonen).

3. Im Allgemeinen steht die Wiederbelebung ausgewachsener Samen im umgekehrten Verhältniß zu dem bereits erreichten Keimungsstadium: Dies begreift sich in Erwägung, daß, je mächtiger die abgestorbenen Wurzeln entwickelt waren, mithin ihre Basalzone sich ausbreitet, um so rascher die noch etwa lebensfähige Plumula in den Fäulnißproceß hineingerissen wird.

4. Das Stadium der Vorkeimung, welches die Mehrzahl der Individuen noch erträgt, ist bei den verschiedenen Samengattungen verschieden. Vom Roggen keimt die Mehrzahl noch wieder, wenn die Würzelchen bei der Vorkeimung 20 mm und die Plumula 10 mm erreicht hat, vom Weizen bei einer Länge der Würzelchen von 10 mm, vom Rothklee, wenn die Wurzel eine Länge von 5 mm erreicht hat.

5. Die Samen der Monocotyledonen scheinen im Allgemeinen etwas widerstandsfähiger zu sein, als die der Dicotyledonen. In Uebereinstimmung mit sämmtlichen in der Literatur bekannt gewordenen Resultaten tritt dies ganz besonders bei den unbespelzten Cerealien, Weizen und Roggen hervor. Empfindlicher sind Gerste und Hafer, und der Pferdezahnmais zeigte die geringste Widerstandsfähigkeit gegen eine Unterbrechung der Keimung.

Von den Samen der Dicotyledonen erwiesen sich Wicken und Rothklee etwas widerstandsfähiger als Buchweizen und Erbsen.

Vom praktischen Gesichtspunkt aus wird die Frage nach dem Werth ausgewachsener Samen als Saatgut durch obige Resultate dahin beantwortet, daß sich eine solche Verwendung nicht empfiehlt.



Anm. des Ref. Nach den Untersuchungen des Ref. liefern Keimungsversuche, bei welchen feuchtes Fließpapier verwendet wird, ein viel günstigeres Resultat als solche, bei welchen das Auslegen der Samen in feuchte Ackererde erfolgt. So ist denn auch die Schädigung der Keimfähigkeit gequellter, namentlich aber ausgewachsener Körner unter natürlichen Verhältnissen eine noch größere, als in den Versuchen des Verf. und anderer Autoren[1]). Dazu kommt, daß derartig beschaffene Körner Pflanzen von außerordentlich ungleichmäßiger Entwickelung liefern, ein Moment, welches bei Beurtheilung vorliegender Frage mit zu berücksichtigen ist.

Pynaert. **Influence de la lumière s. la color. des feuilles.** Congrés de Bot. et d'Hort. de 1880. Bruxelles. 1881.

H. Pick. **Ueber den Einfluß des Lichtes auf die Gestalt und Orientirung der Zellen des Assimilationsgewebes.** Bot. Centralblatt von Uhlworm. Bd. XI. 1882. Nr. 11 u. 12.

B. Frank. **Ueber das Hypochlorin und seine Entstehungsbedingungen.** Sitzungsber. d. bot. Ver. der Prov. Brandenburg. XXIII. 24. Febr. 1882.

A. Meyer. **Ueber die Natur der Hypochlorinkrystalle Pringsheim's.** Bot. Ztg. 1882. Nr. 32.

L. Hensolt. **Das Temperatur-Minimum und -Maximum für die Ergrünung einiger Kulturpflanzen.** Erlangen 1882.

A. Barthélemy. **De l'influence de la tension hydrostatique et de ses variations sur les mouvements des liquides dans les végétaux et sur les mouvements des divers organes des plantes.** Mém. de l'Acad. des Sc. Inscript. et Belles Lettres de Toulouse. 1881. I. Sem.

Ch. Musset. **De l'influence immédiate de la pesanteur sur la formation des racines adventives.** Bull. de la Soc. de Statistique de l'Isère. 1881.

F. Darwin. **Geotropismus und Wachsthum.** Nature. Vol. XXV. 27. April p. 616.

M. Westermaier. **Beiträge zur Kenntniß des mechanischen Gewebesystems.** Monatsber. d. k. Akad. d. W. in Berlin. 20. Jan. 1881.

F. Lukas. **Beiträge zur Kenntniß der absoluten Festigkeit von Pflanzengeweben.** I. Sitzungsber. der k. Akad. d. W. in Wien. Bd. 85. Abth. I. April 1882.

[1]) Vergl. *A. E. Ehrhardt*, Deutsche landw. Presse. VIII. Jahrg. Nr. 76.

III. Agrar-Meteorologie.

Neue Litteratur.

H. Marié-Davy. **Ueber das Wachsthum der Zuckerrübe.** Sucrerie indigène. T. XIX. S. 478 und Neue Zeitschrift für Rübenzucker-Industrie von C. Scheibler. 1882. Bd. VIII. Nr. 24. S. 270 u. 271.

Aus früheren Darlegungen[1]) wissen wir, daß die Zuckerrübe dann schlecht aufgeht, wenn die mittlere Lufttemperatur auf 8° und weniger herunter geht, und daß das Wachsthum der jungen Pflanze keinen guten Fortgang nimmt, ehe nicht eine mittlere Tagestemperatur von 9° herrscht. Andererseits hört ein günstiges Wachsen der Rübe am Ende des Sommers auf, wenn die mittlere Tagestemperatur auf 13° und darunter herabsinkt.

Von diesen beiden Thatsachen ausgehend, sei es gestattet, auf die letzten 10 Jahre zurückzugreifen und dieselben mit diesem Jahre zu vergleichen, um die hervortretenden Eigenschaften desselben besser zu würdigen.

Die folgende Tabelle zeigt in der ersten Reihe die Daten, von welchen ab die Temperatur ziemlich anhaltend anstieg bis zu 9°, so daß der Rübensamen gut herauskommen konnte, vorausgesetzt, daß der Boden in gutem Kulturzustande war und genügende Feuchtigkeit enthielt.

Die zweite Colonne führt die Daten auf, mit welchen diese Periode, welche wir als erste Phase bezeichnen wollen, ihr Ende erreichte. Allerdings giebt es bei der Vegetation der Zuckerrüben in Wahrheit keine derartigen Phasen; dieser Ausdruck ist vielmehr nur conventionell, um einen Vergleich der Temperaturschwankungen von 1882 mit den voraufgegangenen Jahren zu ermöglichen, er entspricht einer Summe von 675 Graden täglicher Wärme oberhalb 9° seit dem Zeitpunkt der Aussaat, wie derselbe sich theoretisch feststellen läßt.

1. Wachsthum der Zuckerrüben. I. Phase.

Jahre.	Ende der Aussaat.	Ende der Phase.	Dauer.
1872	28. März	4. Juni	68 Tage
1873	23. »	2. »	71 »
1874	17. »	19. Mai	63 »
1875	4. April	30. »	56 »
1876	27. März	1. Juni	66 »
1877	28. »	4. »	68 »
1878	8. April	26. Mai	48 »
1879	31. März	14. Juni	75 »
1880	1. April	3. »	63 »
1881	1. »	4. »	64 »
Mittel	29. März	1. »	64 »
1882	6. »	11. Mai	66 » .

[1]) Neue Zeitschrift für Rübenzucker-Industrie. Bd. V. S. 1.

Der Abstand dieser beiden Daten von einander ist um so größer als die Temperatur der Jahreszeit sich weniger über 9° erhebt und giebt auf diese Weise eine gute Charakteristik dieser Temperatur. Nach dem Mittel der voraufgegangenen 10 Jahre bis 1882 beträgt dieser Abstand 64 Tage. Die äußersten Grenzen sind 75 Tage im Jahre 1879 und 48 Tage im Jahre 1878.

Es wird Jedem die frühzeitige Reife des Jahres 1882 auffallen. Die Aussaat der Zuckerrüben würde am 6. März habe beginnen können, 23 Tage vor dem Mittel aus den letztvergangenen 10 Jahren und 11 Tage vor der Aussaat des Jahres 1874, welches das frühzeitigste war. Dieser Vorsprung erhält sich fast bis zum Ende der 1. Phase, dem 11. Mai 1882, während derselbe 1874 erst den 19. Mai eingetreten ist und nach dem Mittel der letztvergangenen 10 Jahre den 1. Juni hätte eintreten müssen. Die Jahre frühzeitiger Entwickelung sind nicht immer auch diejenigen, während welcher das Wachsthum der Zuckerrübe sich auf die größte Zahl von Tagen ausdehnt. Dieses Wachsthum hört in unseren Landstrichen auch nicht, wie bei dem Getreide, dann auf, wenn die Summe der Wärmegrade eine gewisse Grenze erreicht hat, sondern dann, wenn die mittlere Temperatur beständig unter 13° herabgeht. Das Fallen der Temperatur im Herbst ist in verschiedenen Jahren durchaus nicht gleich.

II. Wachsthum der Zuckerrübe. 2. Phase.

Jahre.	Datum der Aussaat.	Ende des Wachsthums.	Dauer.	Wärmesumme.
1872	28. März	21. September	177 Tage	2707
1873	23. »	12. Oktober	203 »	2991
1874	17. »	19. »	216 »	3284
1875	4. April	5. »	184 »	2962
1876	27. März	19. »	206 »	3200
1877	28. »	21. September	177 »	2639
1878	8. April	12. Oktober	187 »	2972
1879	31. März	28. September	181 »	2423
1880	1. April	12. Oktober	194 »	2936
1881	1. »	28. September	184 »	2665
Mittel	29. März	6. Oktober	191 »	2878.

III. Wachsthum der Zuckerrübe mit Bezug auf die Zeit der Saat.

Datum der Saat.	Jahre.	Dauer des Wachsthums.	Wärmesumme.
17. März	1874	216	3284
23. »	1873	203	2991
27. »	1876	206	3200
28. »	1872	177	2707
28. »	1877	177	2639
31. »	1879	181	2423
1. April	1880	194	2936
1. »	1881	184	2665
4. »	1875	184	2962
8. »	1878	187	2972.

IV. Wachsthum der Zuckerrübe mit Bezug auf die Reife.

Datum des Endes des Wachsthums.	Jahre.	Dauer des Wachsthums.	Wärmesumme.
21. September	1872	177 Tage	2707
21. »	1877	177 »	2639
28. »	1879	181 »	2423
28. »	1881	184 »	2665
Mittel	—	180 »	2608
5. Oktober	1875	184 »	2962
12. »	1873	203 »	2991
12. »	1878	187 »	2972
12. »	1880	194 »	2936
19. »	1874	216 »	3284
19. »	1877	206 »	2639
Mittel	—	200 »	2964.

In Tabelle II haben wir die Daten des Endes des günstigen Wachsthums der Pflanze für die letzten 10 Jahre eingetragen. Das Jahr 1874, welches den zeitigsten Frühling hatte, hatte auch den spätesten Herbst für die Zuckerrübe. Der umgekehrte Fall ist aber nicht weniger wahr für das Jahr 1878, das späten Frühling und auch späten Herbst hatte. Man kann dies übrigens durch die Tabelle III constatiren, in welcher die Jahre nach den Daten der theoretischen Aussaat classificirt sind. Die Dauer des Wachsthums folgt nicht immer derselben Regel, ebensowenig als die Summe der mittleren täglichen Temperaturen. Dasselbe gilt von dem Ende des Wachsthums, wie dies aus Tabelle IV hervorgeht. Die beiden Serien, in welche wir die 10 Jahre in der IV. Tabelle vertheilt haben, zeigen dessenungeachtet, daß die Dauer des Wachsthums besonders abgekürzt wird durch das frühzeitige Eintreten des Herbstfrostes, und daß die Jahre eines kalten Herbstes diejenigen sind, in welchen die Summe der täglichen Wärme während des Wachsthums der Zuckerrübe im Mittel die geringste ist. Es sind dies also sowohl in dieser Beziehung, wie überhaupt, die ungünstigsten. Dieses allgemeine Resultat kann trotzdem auf merkliche Weise durch die Vertheilung von Licht und Regen geändert werden. Ein sehr seltener Regen kann die erste Entwickelung der Pflanze zurückhalten, das Licht hat indessen in dieser Periode nur geringen Einfluß. Wir werden später noch darauf zurückkommen.

A. Pagnoul. **Der Einfluß des Lichtes auf das Wachsthum der Pflanzen.** Annales agronomiques. Bd. VII. 1881. S. 5--12.

Der nachtheilige Einfluß eines verspäteten Wachsthums auf die Ausbildung der Zuckerrübe findet nach der Ansicht des Verf.[1]) seine Erklärung in der Rolle, welche das Licht bei der Zuckerproduction spielt. Seit 3 Jahren hat er in Bezug hierauf Untersuchungen angestellt; einige der Resultate derselben mögen hier Platz finden.

Verf. ließ Mistbeetfenster anfertigen, die einen mit durchsichtigem Glase, die anderen mit geschwärztem Glase und deckte dieselben über eine bestimmte Anzahl von Rübenpflanzen, doch so, daß dieselben einige Decimeter vom Boden

[1]) Vergl. die Untersuchungen von *H. Briem*. Diese Zeitschrift. Bd. II. S. 317. und Bd. IV. 1881. S. 317.



entfernt blieben, um Luftcirculation zu erhalten. Das Licht unter dem schwarzen Glase war das einer Dämmerung, oder eines sehr dunklen Tages. Der Versuch begann 1879 am 9. Juni, die Rüben wurden den 18. August aufgenommen und ergaben:

	An freier Luft.	Unter transparentem Glase.	Unter geschwärztem Glase.
Gewicht der Wurzeln	957 gr	850 gr	35 gr
» » Blätter	494 »	880 »	140 »
Blättergew. auf 100 Gewth. Wurzeln	58	103	400
Zucker in Procenten	6,96	4,76	3,09
Salze » »	0,713	0,910	1,419
Nitrate » »	0,213	—	1,040.

Das Wachsthum hatte indessen unter dem geschwärzten Glase vollkommen stille gestanden und besonders bemerkenswerth ist es, daß sich in der Wurzel bedeutende Quantitäten von Nitraten vorfanden. Diese Salze hatten sich also nicht zersetzen können, um die nothwendigen Stickstoffverbindungen zur Entwickelung der Pflanzen zu liefern. Es scheint also, als spiele das Licht bei der Assimilation des Stickstoffs der Salpetersäure eine gleiche Rolle als dasselbe bei der Assimilation des Kohlenstoffs zu übernehmen hat. Im folgenden Jahre wurde in der Zeit vom 26. Juni bis 2. August derselbe Versuch angestellt und zwar mit folgenden Resultaten:

	An freier Luft.	Unter transparentem Glase.	Unter geschwärztem Glase.
Gewicht der Wurzeln	460 gr	450 gr	24 gr
» » Blätter	737 »	950 »	173 »
Blättergew. auf 100 Gewth. Rüben	160	211	721
Zucker in Procenten	9,45	5,75	1,66
Salze » »	0,764	1,214	1,454
Nitrate[1] » »	0,113	0,366	1,197.

Man erkennt die volle Bestätigung des oben Gesagten, besonders, insofern es die Nitrate betrifft.

Von anderen Pflanzen, welche von derselben Parcelle am 2. August verdeckt wurden, erhielt man am 13. September verglichen mit denen, welche an der freien Luft blieben, folgende Resultate:

	An freier Luft.	Unter transparentem Glase.	Unter geschwärztem Glase.
Gewicht der Wurzeln	1017 gr	950 gr	667 gr
» » Blätter	533 »	653 »	710 »
Blättergew. auf 100 Gewth. Rüben	52	69	106
Zucker in Procenten	10,42	8,54	4,69
Salze » »	0,560	0,713	1,420
Nitrate[2] » »	0,050	0,264	0,551.

Die Rüben, welche unter geschwärztes Glas gebracht wurden, hatten ihr Gewicht während dieser 40 Tage nur um 200 gr vermehrt, dagegen fast 5% Zucker eingebüßt.

---

[1]) In den Blättern wurden gefunden 0,417 resp. 0,826 und 1,474 % Nitrate.

[2]) Die Blätter enthielten 0,040 resp. 0,545 und 1,388 % Nitrate.

Es läßt sich hiernach leicht erkennen, welche Vortheile eine schnelle Entwickelung der Blattorgane und die Frühreife bieten. Die Blätter sind, wie *Corenwinder* dies festgestellt hat, diejenigen Organe, welche den Zucker bilden, doch können sie ihre Aufgabe nur erfüllen, wenn ihnen die Kraft, die in dem Sonnenlicht liegt, zur Seite steht. Es ist deshalb von großer Wichtigkeit, daß sie in den Monaten funktioniren können, in denen das Sonnenlicht im Ueberfluß vorhanden ist, die Tage lang, und der Himmel klar ist. Der durch die Blätter producirte Zucker, welcher in der Wurzel aufgespeichert ist, soll zur Ernährung der späteren neuen Blätter dienen, welche ehe sie Zucker hervorbringen, solchen verbrauchen und zwar in der Weise, daß wenn in den letzten Monaten das Wachsthum unter dem Einfluß einer warmen und feuchten Temperatur sich ausdehnt, begünstigt durch starke schwer zersetzbare Dungstoffe, die gesammten Blattorgane mehr Zucker verbrauchen, als hervorbringen, und die Pflanze auf diese Weise zuckerarm wird.

Aehnliche Versuche führte schließlich Verf. bei Kartoffeln aus, welche folgende Zahlen lieferten.

Am 3. Juni bedeckt. Am 28. Juli geerntet.	An freier Luft.	Unter transparentem Glase.	Unter geschwärztem Glase.
Gewicht der Knollen	456 gr	540 gr	44 gr
» » Blätter und Wurzeln	200 »	387 »	160 »
Trockensubstanz der Knollen	24,16 %	24,20 %	14,37 %
Nitrate in den Knollen	0	0	0
» » » Blättern und Wurzeln	0,088 %	0,264 %	0,967 %.

Der Nitratgehalt war in Kraut und Wurzeln der verdunkelten Pflanzen ca. 11 mal größer als in den Pflanzen der freien Luft. *E. W.*

***J. von Fodor.* Ueber die zeitlichen Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft.** Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser. II. Abtheilung. Braunschweig 1882. Vieweg u. Sohn.

Das Verhalten der Kohlensäure der Grundluft nach den Jahreszeiten[1]) und in verschiedenen Tiefen wird durch die folgenden aus den Jahren 1877, 78 u. 79 vom Verf. berechneten Mittelwerthe illustrirt:

	1 m	2 m	4 m
Januar	6,5	12,6	25,0
Februar	6,8	12,2	24,8
März	7,0	11,8	24,7
April	9,9	14,9	25,2
Mai	11,5	16,1	27,2
Juni	14,5	21,5	29,2
Juli	15,8	22,8	35,9
August	12,8	20,7	32,6
September	10,9	19,3	31,4
Oktober	9,8	15,0	29,4
November	8,4	13,8	26,5
December	8,1	12,6	25,8.

Obwohl die im Boden enthaltene freie Kohlensäure in jedem Jahr zur wärmeren Jahreszeit zunahm und zur kälteren wieder zurückging, differiren doch die einzelnen

[1]) Vergl. die Abhandlung in Heft 3/4 Bd. V. S. 299—316 dieser Zeitschrift.

Jahre sowohl betreffs der Größe der Schwankung, als des Zeitpunktes und der Dauer des höchsten Standes u. s. w. sehr bedeutend von einander. Diese Ungleichheiten rühren von dem Verlauf des Zersetzungsprocesses im Boden, der wie Verf. nachweist hauptsächlich von der Temperatur und von der Feuchtigkeit des Bodens, also von den Niederschlägen, abhängig ist.

Hinsichtlich der täglichen Schwankungen im Kohlensäuregehalt der Grundluft führt Verf. an, daß diese durch Winde, Regen, Veränderungen im Luftdruck, Strömungen der Grundluft u. s. w. hervorgerufen würden und daß diese Faktoren in den mannigfachsten Combinationen ihren Einfluß geltend machten. Aus dem vorliegenden Zahlenmaterial sucht Verf. die Wirkung der einzelnen Faktoren gesondert darzulegen.

In dieser Beziehung weist Verf. zunächst auf den Einfluß hin, welchen Regenfälle auf die täglichen Kohlensäureschwankungen ausüben. Neben der anfeuchtenden Wirkung kommt den Regenfällen noch ein anderer Einfluß auf die Grundluft und ihre Kohlensäure zu. Sowie das Regenwasser auf die Erde niederfällt, wird es, bevor es noch den Zersetzungsproceß im Boden hätte befördern können, die Poren der oberflächlichen Schichte verstopfen und dadurch die Durchlüftung des Bodens behindern. Wie leicht einzusehen, wird dieses Hinderniß zur Folge haben, daß sich die Kohlensäure im Innern des Bodens so lange anhäuft bis nicht die Poren durch das Weitersickern des Wassers wieder frei werden. Diese Rolle des Regens wird durch die folgende Zusammenstellung sehr lehrreich illustrirt: Verf. hat die Kohlensäuremengen der Grundluft in 1 m Tiefe, welche sich aus 165 an Regentagen angestellten Beobachtungen ergaben, mit ebensovielen verglichen, welche an den vorhergehenden regenfreien Tagen gewonnen wurden und gefunden, daß die Kohlensäure am Regentage in 97 Fällen zunahm und nur in 53 Fällen zurückging; in 15 Fällen blieb die Kohlensäure unverändert.

Mit dem herabfallenden Regen wird somit in den meisten Fällen noch am selben Tage eine Zunahme der Kohlensäure im Boden einhergehen; demnach besitzt der Regen einen Einfluß auf die rasche, die tägliche Schwankung der Kohlensäure.

Doch kommt dem Regen auch noch eine dritte Rolle gegenüber der Kohlensäure zu. Es zeigte sich nämlich, daß die Kohlensäure an den auf Regen folgenden Tagen gewöhnlich abzunehmen pflegt, und daß sich die Kohlensäurezunahme erst später, in Folge des Fortschrittes des Zersetzungsprocesses einzustellen pflegt. Diese Kohlensäureabnahme hat auch *Fleck* beobachtet und damit erklärt, daß der den Boden von Neuem befeuchtende Regen aus der Grundluft viel Kohlensäure absorbirt.

Außer dem Regen kommt ferner dem Winde ein Einfluß auf die im Boden enthaltenen Kohlensäuremengen zu. Verf. hat 111 Kohlensäurebeobachtungen, welche sich auf die Eintrittstage von starken Winden beziehen, mit den Kohlensäurewerthen der vorhergehenden windstillen Tage verglichen; das Ergebniß war, daß der windige Tag in 44 Fällen eine Zunahme, in 67 Fällen eine Abnahme in der Kohlensäure aufwies. Es kann also nicht bezweifelt werden, daß der Wind, sowie er über die Bodenoberfläche hinstreicht, die Poren der Erde auslüftet, ihren Kohlensäuregehalt gewöhnlich herabsetzt.

Den Einfluß ber Luftdruckschwankungen trachtete Verf. gleichfalls durch die Vergleichung der Durchschnittswerthe zu vermitteln. Zu diesem Behufe hat

er für 1877 jene Tage herausgelesen, an welchen der Luftdruck im Vergleich zum vorhergehenden Tage bedeutend gesunken, sowie auch diejenigen, an welchen die Barometersäule gestiegen war und hat dann die an diesen Tagen in 1 m Tiefe gefundenen Kohlensäuremengen mit dem Kohlensäurewerthe der vorhergehenden Tage verglichen. Das aus einer Summe von 463 Bestimmungen gewonnene Mittel ergab, daß die Kohlensäure mit sinkendem Luftdruck auf drei Stationen gestiegen und nur auf einer Station gesunken war. Bei sinkendem Luftdruck dehnt sich die Grundluft aus und strömt aus der Tiefe nach oben, wodurch die kohlensäurereichere Luft der tiefer gelegenen in die höheren Bodenschichten gelangt. Die bezügliche Kohlensäurezunahme ist indessen nur eine geringfügige und ist nur bei Massenbeobachtungen erkennbar.

Bei der Zunahme des Luftdrucks war eine ausgesprochene Tendenz zur Vermehrung oder zur Abnahme des Kohlensäuregehaltes nicht zu erkennen. Somit kommt den Luftdruckschwankungen überhaupt auf die Kohlensäure, somit auch auf die Strömungen, nur ein untergeordneter Einfluß zu.

Schließlich weist Verf. auf den Einfluß hin, welchen die durch Veränderungen der atmosphärischen Temperatur hervorgerufenen Strömungen der Grundluft auf deren Kohlensäuregehalt ausüben. Ueber die Modificationen dieser Strömungen liefert die Kohlensäure der Grundluft kein deutliches Bild. Nur die am Bodenniveau ausgeführten Kohlensäurebestimmungen bieten uns einige Fingerzeige über deren Richtung und Intensität. (Vergl. hierüber das Referat in dieser Zeitschrift. Bd. V. 1882. Heft 1/2. S. 133—135) *E. W.*

***M. Möller*. Werth der Wolkenbeobachtungen für die Wetterbestimmung.** Vossische Zeitung. 1882.

Der Verf., dessen Abhandlung: «Beiträge zur Kenntniß der atmosphärischen Wirbel und ihre Beziehung zur Cirruswolke» im vorigen Heft dieser Zeitschrift ausführlich besprochen wurde, veröffentlicht in bezeichneter Zeitung eine populäre Abhandlung, welcher wir Folgendes entnehmen:

«Die neue Methode besteht — sagt der Verfasser — in der Combination derjenigen Beobachtungen, welche der Landmann oder Seefahrer behufs Beurtheilung der Witterungsverhältnisse anwendet mit eben dem von der Wissenschaft bislang adoptirten Systeme, einer Verfolgung der Zugbahnen jeder in Europa erscheinenden Depression; indem ich die praktischen Resultate der Wolkenbeobachtung täglich theoretisch erkläre und die aus ihnen abgeleiteten Schlußfolgerungen auf das kommende Wetter demnächst einer wissenschaftlichen Kritik unterwerfe. Der Landmann oder Seefahrer beurtheilt schon immer das Wetter nach den vorhandenen Wolken, deren Gestalt und Zugrichtung, nach der Färbung des Himmels, nach den vorhandenen Winden und manchen Nebenumständen. Ein fleißiger Beobachter erlangt eine große Fertigkeit in der Beurtheilung des speziellen Witterungscharakters, so daß ihm seine eigenen Erfolge in der Vorherbestimmung der Witterung oft mehr nützen als die Nachrichten der Seewarte; da er seine Dispositionen schon am Vorabende, meistens sogar für mehrere Tage zu treffen hat, während die Nachrichten der Seewarte, deren allgemeine Verbreitung auf das Land hinaus fast 20 Stunden kostet, ihn erst am kommenden Morgen erreichen können, und sich dann nur auf den laufenden Tag beziehen.

Ein eingehendes Studium der Wolkenformen, ihrer Entstehung, Umbildung

und Bewegung hat mir gezeigt, daß ein Eindringen in die Geheimnisse der Naturerscheinungen nur unter umfangreicher Beobachtung aller Wolkenformen, namentlich der oberen Wolken möglich ist. Ich bin nun durch längere Erfahrung schon zu praktisch brauchbaren Resultaten gelangt. In kurzen Umrissen ist das Wesen der Sache folgendes. Wir unterscheiden große Gebiete heiteren Himmels und andere Gebiete mit Regen und Wind, welche beide sich meistens beständig verschieben. In letzteren steigt Luft empor und scheidet in der Höhe, vermöge der Erkaltung, die Feuchtigkeit in Form von Wolken und Regen aus. Oben muß die Luft sich aber Raum schaffen und quillt auseinander, Wolkenreste mit sich führend, dieselben zertheilend, späterhin auftrocknend und in fein vertheilter Form mehrere hundert Meilen forttragend. Diese hohen Wolken, Cirri, Streif- und Federwolken, auch Windbäume und Polarbanden genannt, bilden das Hauptobject meiner Beobachtungen. Je nachdem nun in der Höhe ein oberer Luftstrom sich bewegt, trägt derselbe die fein vertheilten Wolkenreste in Gebiete mit heiterem Himmel und zeigt hier, daß Wind und Regen zu erwarten sind, weil eben die Regenwetter namentlich dem Zuge dieser höchsten Wolken folgen und 20 bis 50 Stunden nach Erscheinen derselben beginnen. Der Grad der Umbildung jener Wolke giebt uns sogar auf einige Stunden genau den Zeitpunkt an, wann der Regen in dem speziellen Fall zu erwarten steht.

Wie wünschenswerth es ist, daß sich das allgemeine Interesse der Wolkenbeobachtung zuwende, möge durch folgende Beispiele erläutert werden. Sehr schnell eilende Depressionen senden z. B. ihren Cirrusschleier bis nach Berlin, bevor dieselben, vom atlantischen Ocean kommend, die Westküste Irlands erreicht haben. Das Barometer meldet also aus Irland der Seewarte noch nichts von der kommenden Depression, während der Beobachter der Wolkenformen im östlich gelegenen Berlin schon den Verlauf und die Größe des kommenden Regenwetters zu beurtheilen vermag. In einem zweiten Fall erscheint in England eine andere Depression, die Station erwartet für den kommenden Tag in Deutschland Regen, welcher ausbleibt, wenn die Depression wie gebannt am selben Ort verharrt. In diesem Falle sendet uns aber jene Depression auch keine Cirruswolken nach Deutschland, welche dann anderweitige Bahnen verfolgen. Die Beobachtung der oberen Wolken an mindestens 8 Stationen giebt daher sofort einen Anhalt über die in einer Drepression wirkenden Kräfte, von welchen die Bahnrichtung und Zuggeschwindigkeit derselben abhängig ist. Außerordentlich große Stürme treten zumal so plötzlich auf, daß die Seewarte die Sturmsignale oft erst recht spät zu geben im Stande ist, während deren Anzeichen schon lange vorher am Himmel verzeichnet sind, und es nur der Entzifferung und Ablesung derselben an westlich gelegenen Stationen Englands bedarf, um uns 20 Stunden früher, als jetzt geschieht, die telegraphische Mittheilung des im Anzuge begriffenen Sturmes senden zu können. Zur Zeit erfolgt diese Benachrichtigung erst dann, wenn der Sturm bereits Irland erreicht hat. Wendet man also der Beobachtung von Wolkenformen das allseitige Interesse zu und verwendet auf die telegraphischen Mittheilungen und Bearbeitungen dieses Beobachtungsmateriales nur $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ Theil derjenigen Ausgaben, welche man vor einiger Zeit für die allgemeine schnelle Verbreitung der Prognosen vorgeschlagen hatte, dann erzielt die Seewarte zunächst selbst den doppelten Nutzen, einmal in Bezug auf ihre Prognose und in zweiter Linie auf

den theoretischen Ausbau der Wissenschaft. Ferner schafft aber diese Arbeit außerdem noch ein hochwichtiges, praktisches, statistisches Material aus den Ergebnissen der Wolkenbeobachtungen, das in einfache Regeln zusammengefaßt, dem Landmanne, namentlich aber dem Seefahrer auf einsamen Meeren von wahrem, dauerndem Nutzen sein würde.

Die Vorgänge am Himmel wird der einfache Praktiker als alte Bekannte mit Freude verfolgen und der Theorie zu Dank verpflichtet sein, die ihm das Chaos der täglichen Witterungserscheinungen entziffert, ihn lehrt das Wichtige vom Unwichtigen zu unterscheiden und ihm gedruckte Tafeln in die Hand giebt, die richtig benutzt, ihm sagen, dann hast Du Sturm, dann Regen zu erwarten, welche Zeitangaben sich jetzt schon bei meinen schwachen privaten Mitteln, die sich auf die Beobachtung eines Ortes beziehen, zwischen 20 und 70 Stunden bebewegen. Wäre z. B: die Beobachtung der Wolkenformen den Seefahrern zur Zeit des Orkanes am 14. Oktober v. J. bekannt gewesen, dann würden dieselben am Vormittage des 13. auf der Nordsee und am Canal schon die heranziehende Gefahr geahnt und am Mittage des 13. fast bestimmt gewußt haben. Die größte Zahl der Schiffe hätte in einen sicheren Hafen einkehren können, da 20 Stunden und, wenn die Schiffe vor dem heranziehenden Wetter nach Osten geflohen wären, 30 Stunden Zeit behufs Aufsuchung einer Deckung zur Verfügung standen.

Eine Aufnahme von Wolkenbeobachtungen in die der Seewarte täglich aus verschiedenen Ländern zugehenden Telegramme würde, bei dem heutigen Stand der Wolkenkunde, schon eine Erweiterung der Prognose seitens der Seewarte von 20—36 Stunden auf 40—90 Stunden gestatten.»

***L. Rahn.* Ueber phänologische Inversionen.** XXI. Bericht der Oberhess. Ges. für Natur- und Heilkunde. Gießen. 1882. S. 113—144. Mit 1 Tafel. Durch: Botan. Centralblatt von O. Uhlworm. Bd. XI. 1882. No. 9.

In den verschiedenen auf einander folgenden Jahren liegt zwischen der ersten Blüthe von zwei oder mehreren Spezies ein gewisser Zeitraum, welcher, da der meteorologische Gang der verschiedenen Jahre in jedem Einzeljahr ein sich nicht für jeden Tag gleichmäßig bewegender ist, in den verschiedenen Einzeljahren nicht derselbe ist. Verf. nennt Succession den Zeitunterschied in der zeitlichen Aufeinanderfolge der verschiedenen Lebensphasen bei zwei oder mehreren Pflanzenspezies, Inversion eine Umkehrung der normalen Succession: A, welches im Laufe der Jahre gewöhnlich vor B blüht, wird von diesem überholt und blüht also in einem einzelnen Jahre nach B. Verf. hat sich nun die Aufgabe gestellt, zu ermitteln, welche Art der meteorologischen Erscheinungen vorzugsweise Schwankung in der Succession und eine Umkehrung in derselben bewirkt. Als Material dientem ihm die mehr als zwanzigjährigen phänologischen und meteorologischen Beobachtungen *Hoffmann's* in Gießen, aus denen er die vollkommensten wählte. Für 16 Spezies, Ein- und Zweijährige, Perennen, Bulbiferen, Sträucher und Bäume ist die Untersuchung geführt worden.

Wie Verf. schon von vornherein vermuthete, fand er, daß das Oeffnen der ersten Blüthe abhängig ist von meteorologischen Erscheinungen, die nur kurze Zeit vor dem Tag der ersten Blüthe oder an diesem selbst obgewaltet haben, so daß er also nicht mit jährlichen oder monatlichen, sondern nur mit täglichen Faktoren zu rechnen hatte, und zwar stellte sich heraus, daß die tägliche Mini-

mumtemperatur der Luft im Schatten (er nahm die am Tage vor der ersten Blüthe plus der an dem Tage der ersten Blüthe selbst) sich als grundbedingend für das Oeffnen der ersten Blüthe erwies, demnächst auch Niederschläge. Die Mitteltemperatur der Luft im Schatten dagegen, welche so oft als höchst wichtig angesehen wird, konnte Verf. in keinerlei Relation mit dem Oeffnen der ersten Blüthe bringen, sie ist für diese Phase der Vegetation unbrauchbar. Verf. hat sich überall, sowohl bei den phänologischen als auch meteorologischen Erscheinungen der graphischen Darstellung (Curven) bedient, doch würde die genaue Angabe des Verfahrens zu weit führen; es mögen daher nur die Sätze folgen, in denen Verf. seine Resultate zusammenfaßt:

1) Das Aufblühen einer gewissen Pflanze ist abhängig von einer gewissen Temperatursumme, die sie genossen und die man für unsere Breiten am besten vom 1. Januar an rechnet, und dann von einer bestimmten Höhe der täglichen mittleren Minimumtemperatur.

2) Einem höheren Minimumbetrag als dem mittleren entspricht ein Aufblühen vor dem Tage der mittleren Blüthe (Frühblüthe); einem niederen Minimumbetrage entspricht eine Blüthe nach dem Tage der mittleren Blüthe (Spätblüthe).

3) Der Einfluß des täglichen Minimumbetrags wird compensirt durch hohe tägliche Insolationsmaxima, Niederschläge zu der betreffenden Zeit, durch Nässe im Allgemeinen, durch auffallenden täglichen Niederschlagsmangel, sowie durch Trockniß im Allgemeinen und durch Wirkung der letzten Fröste.

4) Hohe Insolationsmaxima vermögen die retardirende Wirkung eines niederen täglichen Minimumbetrages aufzuheben und es erscheint dann gegen Erwarten eine Frühblüthe. (Derartige Fälle sind jedoch selten.)

5) Niederschläge, die bei hohem Minimumstande erfolgen, bewirken in allen Fällen eine Verzögerung der ersten Blüthe.

6) Niederschläge, die bei niederem Minimumstande erfolgen, haben in allen Fällen Frühblüthen zur Folge.

7) Die dem Tage der ersten Blüthe vorhergegangene Nässe, d. h. vorangegangene Niederschlagsreihe, Perioden, bewirken stets eine Verzögerung der ersten Blüthe.

8) Niederschlagsmangel, beziehungsweise Trockniß, bewirkt bei einem niederen täglichen Minimumstande eine Frühblüthe, bei einem hohen täglichen Minimumstande eine Spätblüthe.

9) Fröste bewirken, wenn sie nicht eine Tödtung der ersten Blüthe zur Folge haben, eine Verzögerung derselben.

10) Die normale Succession erleidet um so mehr Unregelmäßigkeiten, je ungleichartiger die in Betracht kommenden Pflanzenspezies ihrer Organisation nach sind und je kräftiger diejenigen Faktoren in entgegengesetzter Wirkung sich geltend machen, die den Effect des täglichen Minimumbetrags compensiren.

11) Die Inversion ist die äußerste Unregelmäßigkeit in der Succession, d. h. sie ist eine Umkehrung derselben, und sind Inversionen bei denjenigen Pflanzen am häufigsten, die sich hinsichtlich ihres mittleren Blüthetages kalendarisch am nächsten stehen. In der Regel sind die Inversionen durch Niederschläge hervorgerufen.

12) Tief wurzelnde Pflanzen empfinden weniger die Wirkung der Trockniß, als die der Nässe. Erstere macht sich am ehesten bei weniger tief wurzelnden geltend.



A. Sprung. **Die Messung des Luftdrucks, der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, sowie des Winddrucks durch registrirende Apparate.** Bericht über wissenschaftliche Instrumente auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1879. Berlin 1880. Jul. Springer. Zeitschrift für Instrumentenkunde. Berlin. 1881. Novbr. S. 357—366 und 1882. Febr. S. 60—63.

Wir geben im Nachfolgenden eine kurze Beschreibung der vom Verf. construirten Apparate, indem wir bezüglich der Details auf die Originalabhandlungen verweisen.

Der Wagebarograph mit Laufgewicht.

Bei dem Winkelhebel- und allen ähnlichen Wagebarographen sind es die Bewegungen des Barometerrohres oder -Gefäßes selbst, durch welche die Veränderungen des Luftdrucks registrirt werden. Diese Bewegung des Rohres mit allen ihren Nachtheilen ist durch das vom Verf. angewendete Princip so gut wie vollständig vermieden; an ihre Stelle tritt die Bewegung einer mechanischen Vorrichtung, welche ganz unabhängig vom physikalischen Apparate in beliebiger Größe construirt werden kann, so daß zu einer continuirlichen Registrirung eine willkührliche Kraftmenge zur Verfügung steht.

Das zum erwähnten Zwecke in Anwendung gebrachte Verfahren besteht darin, die Aenderungen im statischen Momente, welche auf der einen Seite *l'* (Tafel II) eines Wagebalkens durch Aenderungen der Last (des Barometers *B*) hervorgerufen werden, auf der anderen durch selbstthätige Verschiebung eines Laufgewichts *R* zu compensiren und letzteres seinen Stand durch den Schreibstift *S* auf einer mit Papier überzogenen Messingtafel *T* aufzeichnen zu lassen, welche durch ihr Heruntersinken ein Uhrwerk treibt. Letzteres bewegt eine vertikale Triebstange *t*, deren oberes Ende vermöge eines zweiarmigen, in *h* drehbaren Hebels, welcher zugleich einen Eisenanker *a* trägt, ein wenig von links nach rechts verschoben werden kann. Diese Verschiebung hat den Zweck, ein am oberen Ende der Triebstange *t* befestigtes konisches Rad mit rauhem Rande bald auf das linke, bald auf das rechte von zwei ebensolchen konischen Rädern wirken zu lassen, welche beide mit einer horizontalen, unter dem längeren linken Wagebalkenarm hinlaufenden Schraube *cc'* fest verbunden sind und letztere bald in diesem bald jenem Sinne rotiren lassen. Diese Rotationen der Schraube bewirken entsprechend alternirende Verschiebungen einer Vorrichtung *V*, welche theils auf der Stahlschraube reitend, theils durch eine hinter letzterer angebrachte Schiene sicher geführt, dieselben Bewegungen auf den damit fest verbundenen Schreibstift *S* und das Laufrad *R* überträgt. Die Uebertragung der Bewegung auf *R* geschieht vermittels eines vollständig balancirten kleinen Wagebalkens, so daß *R* stets mit seinem vollen Gewichte auf dem langen Wagebalkenarm *l'* ruht. Die Figur stellt die Triebstange *t* in derjenigen Lage dar, in welcher sie, durch eine Feder *F* auf das rechte der beiden konischen Räder wirkend, das Laufrad *R* nach außen (links) treibt und dadurch das statische Moment des linken Wagebalkenarmes vergrößert. Nach einer sehr kleinen Verschiebung des Laufrades führt deshalb *l'* eine durch die beiden Schrauben *s* und *s'* in minimale Grenzen eingeschlossene Bewegung nach unten aus und schließt bei *e* (Quecksilbercontact) einen elektrischen Stromkreis, in welchem der Elektromagnet *E* eingeschaltet ist. Dieser giebt sofort unter Ueberwindung der Federkraft *F* der Triebstange *t* die entgegengesetzte

Lage, so daß sie nunmehr auf das linke konische Rad wirkend, das Laufrad *R* in die umgekehrte nach innen (rechts) gerichtete Bewegung versetzt. Bald wird hierdurch das statische Moment des linken Wagebalkens *l'* so weit verringert, daß er sich wieder an die obere Schraube *s'* anlegt und dadurch bei *e* den Strom unterbricht, was sogleich wieder die entgegengesetzte Bewegung des Laufrades hervorruft u. s. w. Bei constantem Gewicht des Barometers *B* wird somit der Schreibstift *S* eine Zickzacklinie zeichnen, deren Mittellinie derjenigen Geraden, welche durch einen anderen fest am Gerüste des Instrumentes angebrachten Schreibstift *S'* erzeugt wird, vollkommen parallel ist. Ein etwas größeres Gewicht des Barometers wird zur Folge haben, daß *S* eine etwas weiter links gelegene vertikale Zickzacklinie zeichnet. Vergrößert sich das Gewicht des Barometers allmählich, so gelangt der Schreibstift *S* dadurch von rechts nach links, daß das rechte der beiden konischen Räder, welche der Stahlschraube *cc'* aufsitzen, jedesmal länger functionirt als das linke.

Die ursprüngliche Einstellung wird am besten mit Hilfe eines gewöhnlichen Barometers geschehen. Damit man hierbei und bei der Controle der Registrirvorrichtungen eines besonderen Barometers nicht bedürfe, ist neben dem Barometerrohre *B* ein in Millimeter getheilter Maßstab *M* angebracht, dessen Nullpunkt (eine Stahlspitze) durch eine Schraube in das untere Quecksilberniveau geschoben werden kann. Da der Durchmesser der Quecksilbersäule 2 cm beträgt, so dürfte diese Vorrichtung ein gutes Normalbarometer repräsentiren.

Die am linken Wagebalkenarme angebrachte Gewichtsschale *g* hat den Zweck, den Schreibstift *S* auf eine beliebige Stelle der Papiertafel einzustellen.

Der Thermograph.

Die dem Einflusse der Temperatur ausgesetzte Substanz ist ein trockenes Gas. In dem Bestreben, eine möglichst rationelle Verwendung desselben aufzufinden, ist Verf. schließlich zu zwei nicht unwesentlich verschiedenen Formen des Apparates gelangt.

Erste Form des registrirenden Luft-Thermometers.

Im Wesentlichen besteht der Apparat aus einem Heberbarometer (Fig. 6), dessen beide Schenkel durch ein biegsames Rohr verbunden sind. Der kurze Schenkel communicirt nicht mit der Atmosphäre, sondern durch ein kapillares Metallrohr mit einem außerhalb des Hauses befindlichen Luft-Reservoir. Der Mechanismus bewirkt eine derartige vertikale Bewegung des langen Schenkels, daß das Volumen des Gases, trotz aller Aenderungen seiner Spannung, unverändert dasselbe bleibt, so daß diese Spannung proportional der absoluten Temperatur variirt. Die Möglichkeit einer solchen Construction geht aus Fig. 6 hervor. Wenn die Oberfläche des Quecksilbers im kurzen Rohr *r* sich zwischen den beiden Endpunkten *k* 1 und *k* 2 befindet, so wird das Rohr *R* am Herabsinken, vermöge des eigenen Gewichts durch den Sperrhaken *S* verhindert, — bleibt also in Ruhe; steigt die Temperatur, so sinkt die Oberfläche unter k_1, der Strom der Kette K_1 wird unterbrochen, und das immerfort durch das Uhrwerk (welches in der Figur fehlt) getriebene Rad *a* drückt nun gegen *R* und hebt dieses Rohr, bis die Quecksilberoberfläche in *r* mit k_1 wieder in Berührung kommt. Sinkt aber die Tem-

peratur, so wird durch geringes Steigen des Niveaus in *r* bei *k*₂ der Strom einer zweiten Kette *K*₂ geschlossen und dadurch der Sperrhaken *S* gehoben, so daß das Rohr *R* herabsinkt. Damit dieses langsam erfolge, wäre vielleicht am letzten Rade rechts ein kleines Flügelrad anzubringen. Die Aufzeichnungen erfolgen vermöge eines, mit dem langen Schenkel *R* fest verbundenen Schreibstiftes auf einer horizontal sich bewegenden Schreibtafel.

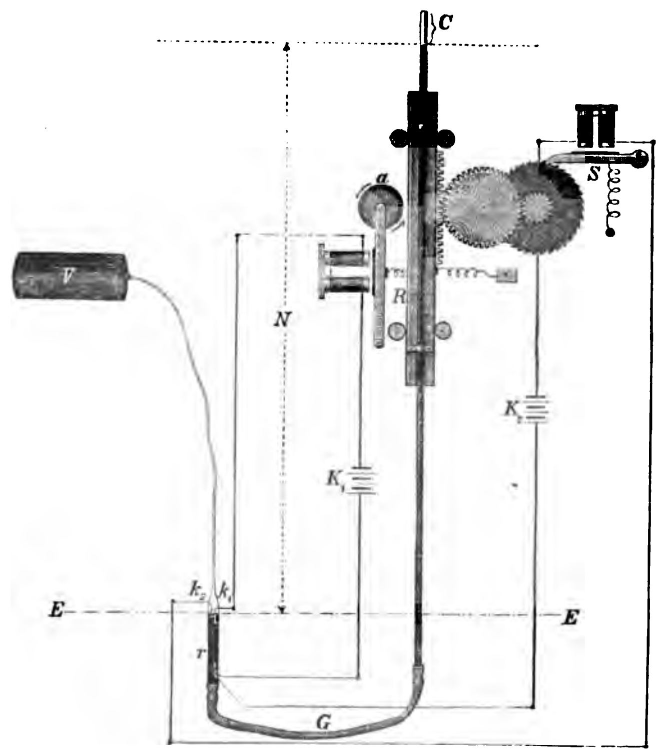


Fig. 6 (1/10 nat. Gr.).

Die Theorie des Apparates ist außerordentlich einfach, sobald gewisse störende Einflüsse, als für die Praxis bedeutungslos, außer Acht gelassen werden. Wenn dem Entwurfe gemäß die Quecksilber-Oberfläche in *r* trotz aller Temperaturschwankungen unverändert bleibt und das innere Volumen der Rohre *r*, *g* und *R* stets dasselbe ist, so muß das am Volumen ebenfalls constante Quecksilber im Rohre *R* stets um eine bestimmte Strecke *c* vom oberen verschlossenen Ende dieses Rohres entfernt bleiben; das kann aber bei steigender Temperatur nur dadurch geschehen, daß das Rohr *R* und damit auch der Schreibstift, um genau dieselbe Anzahl von Millimetern sich hebt, um welche der Druck im Reservoir zunimmt. Die

Zweite Form des registrirenden Luft-Thermometers

bildet eine Combination des Wage-Thermographen, welcher vom Verf. in der Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteorologie, Bd. XIII, S. 300 kurz beschrieben wurde, mit der soeben erörterten ersten Form. Am angeführten Orte schlug Verf. vor, ein offenes Quecksilber-Manometer auf einem gleichschenkeligen Wagebalken zu befestigen und den störenden Einfluß des Luftdrucks durch ein ebenfalls am Wagebalken befestigtes Barometer von entsprechendem Querschnitt zu compensiren. Jetzt erscheint es dem Verf. einfacher, den Einfluß des Luftdrucks von vornherein

ausznschließen, indem ein Heber-Barometer, dessen kurzer Schenkel mit dem Luftreservoir communicirt, auf einem starren, nach Art eines Wagebalkens aufgehängten Rahmen derartig angebracht wird, daß der Drehungspunkt genau in der Mitte zwischen den Achsen der vertikalen Schenkel liegt. Die Skizze mag von der Anordnung der wesentlichsten Theile eine ungefähre Vorstellung gewähren. Der Drehungspunkt liegt nahezu im Schwerpunkt des ganzen Systems, bloß aus dem einen Grunde, weil in diesem Falle das Trägheitsmoment am kleinsten ist. Im Uebrigen kommt es nur darauf an, daß diejenigen Stücke des Glasrohres, in welchen die Quecksilberoberflächen sich bewegen, genau cylindrisch sind und vertikal stehen. Da eine merkliche Drehung des Systemes bei Anwendung des zeichnenden Luftrades in der That nicht stattfindet, so würde unter diesen Bedingungen das statische Moment auf der rechten Seite für jede Einheit der Temperatursteigerung um die gleiche Größe zunehmen, wenn das Volumen des Gases constant und dessen Temperatur überall dieselbe wäre — was hier nicht ganz der Fall ist. Das Volumen des Reservoirs muß also so groß genommen werden, daß die hieraus erwachsende Störung der Proportionalität entweder innerhalb der zulässigen Fehlergrenze bleibt, oder durch eine einfache Correction ausgeglichen werden kann. Bei einem Volumen von $1^1/_2$ l bleibt der aus der Volumänderung entspringende Fehler schon innerhalb der für Temperaturmessungen jetzt gebräuchlichen Genauigkeitsgrenzen.

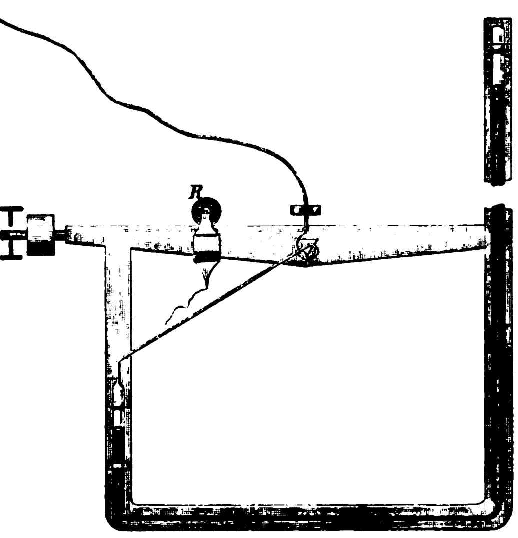


Fig. 7 ($^1/_{10}$ nat. Gr.).

Der Hygrograph.

Das Instrument des Verf. verspricht weit sicherere Angaben zu liefern, als die Haar-Hygrometer, Psychrometer und Thaupunkt-Instrumente, verzichtet aber auf die Continuität der Aufzeichnungen und auf vollständige Proportionalität zwischen der Bewegung des Schreibstiftes und absoluter und relativer Feuchtigkeit, so daß eine Reduction der Angaben erforderlich wird, wenn man diese Elemente erhalten will; allein es giebt unmittelbar die für meteorologische Zwecke mindestens ebenso wichtige Menge des Wassers an. Die Methode besteht in einer direkten Wägung des in einem bestimmten Luftvolumen enthaltenen Wassers, welches letzterem durch Chlorcalcium oder Schwefelsäure entzogen wird. Wie der Apparat functioniren soll, wird aus der Fig. 8 ohne umständliche Erläuterung ersichtlich sein. Ein Laufwerk erhält das Flügelrad *F* in ununterbrochener Ro-

tation, durch welche bei der, in der Figur dargestellten Stellung der Ventile ein Strömen der Luft in der Richtung der voll gedruckten Pfeile erzeugt wird. Nach-

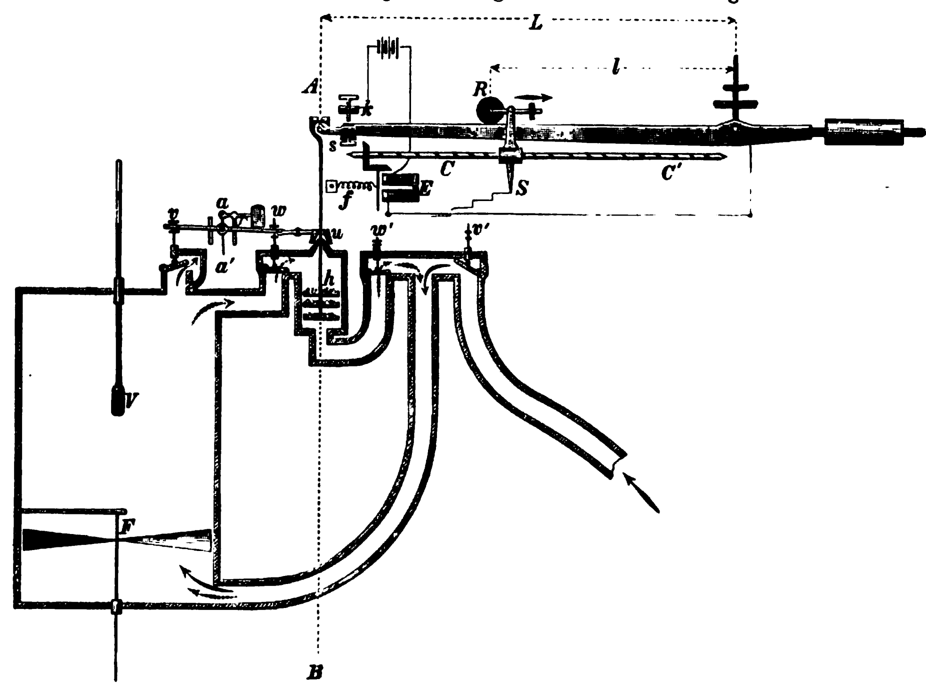


Fig. 8 (1/4 nat. Gr.).

dem dieses etwa eine Viertelstunde hindurch angedauert hat — nämlich lange genug, um der vollständigen Erneuerung der Luft in dem großen Metallgefäße *V* sicher zu sein — schlägt ein von einem Uhrwerk von Viertel- zu Viertelstunde gehobener Hammer herunter und öffnet dadurch die Ventile *w* und w_1, schließt aber gleichzeitig die Ventile *v* und v_1, sowie auch die obere Oeffnung *u* im vertikalen Cylinder *h*, soweit letztere nicht von der dünnen Metallstange eingenommen wird, an der die Chlorcalciumschale hängt. Dadurch ist ein bestimmtes Volumen der atmosphärischen Luft vollkommen abgeschlossen; das rotirende Flügelrad treibt dasselbe eine Viertelstunde lang in immer erneuertem Kreislaufe (welcher durch die punktirten Pfeile angedeutet ist) über die Chlorcalciumschalen hinweg, so daß die Wasserdämpfe sicher vollständig abgegeben werden. Am Ende der Viertelstunde schließt der Hammer die Ventile *w* und w_1, öffnet aber *v*, v_1 und *u*, sodaß die Schale nunmehr frei an dem Wagebalken hängt. Da dieselbe an Gewicht zugenommen hat, so giebt letzterer sofort die Berührung mit der oberen (platinirten) Metallspitze *k* auf und sinkt auf die Schraubenspitze *S* herab; das Uhrwerk beginnt in Folge dessen auf das Laufrad *R* zu wirken und dasselbe sammt dem Schreibstifte *S* dem Drehungspunkt *D* des Wagebalkens zuzutreiben, bis der linke Arm desselben emporschnellt, sich an *k* anlegt und dadurch einen,

den Elektromagnet E umkreisenden Strom schließt; hierdurch wird aber die Verbindung der Uhr mit der Stahlschraube CC_1 aufgehoben, das Laufrad steht still und die Wägung ist beendet. Geschwindigkeit und Gewicht des Laufrades müssen natürlich so gewählt werden, daß auch beim größten Feuchtigkeitsgehalte eine Viertelstunde genügt, um die Wägung zu erledigen. — Am Ende dieser zweiten Viertelstunde werden wieder w, w_1 und u geschlossen, dagegen v und v_1 geöffnet und das Spiel beginnt von Neuem wie vorher.

Der Winddruckmesser.

Dieser Apparat besteht aus einem Pendel, dessen oberster, möglichst weit das Dach des Gebäudes überragender Theil von einer metallenen Hohlkugel *k* gebildet wird (Fig. 9). Unterhalb des Drehungspunktes *d* befindet sich in irgend einer Form so viel Masse *h*, daß der Schwerpunkt des ganzen Pendels ein wenig unter dem Drehungspunkte liegt. In der Höhe des letzteren ist die Pendelstange von einer Kreisscheibe *s* umgeben, deren Rand in der Ruhelage des Pendels den oberen Rand des als Transmissionsstange fungirenden Metallrohres *T* nur nahezu berührt, unter dem Einfluß des Windes aber sofort auf letztere an irgend einer, von der Windrichtung abhängigen Stelle einen vertikalen Druck nach unten ausübt; den Schwankungen dieses Drucks folgt automatisch in bekannter Weise das Laufrad in seiner horizontalen Bewegung auf dem längeren Arme des Wagebalkens. — Die geringfügige Drehung des Pendels um den Punkt *d* kann vermöge der *Cardani*'schen Vorrichtung erfolgen; der Träger derselben *e* wird durch drei oder vier Strebbalken gehalten, welche — durch Schlitze im Transmissionscylinder und im Pendelrohr hindurchgehend — in das am Gebäude befestigte Rohr *B* eingefügt sind; über den oberen verengten Theil dieses Rohres *B* greift zum Schutze gegen das Eindringen des Regenwassers die am Pendelrohr angebrachte Kapsel *k*.

Soll der Winddruck in vertikaler Richtung auf eine etwas größere Entfernung übertragen werden, so kann dazu ein Stahldraht dienen; es muß alsdann umgekehrt der Cylinder *T* über den Rand der Scheibe *s* hinübergreifen, und die Vorrichtung muß an demselben Wagebalkenarme wirken, wie das Laufrad.

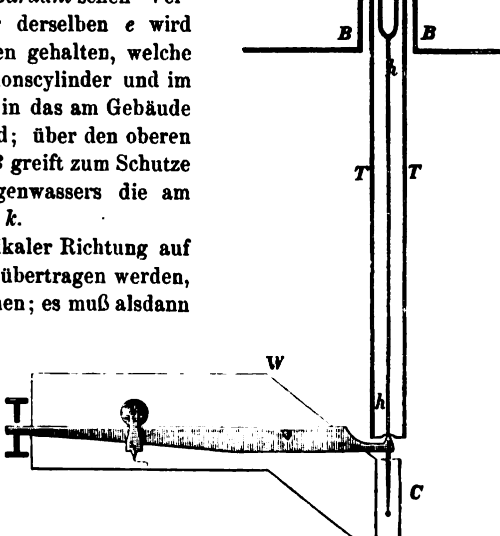


Fig. 9.

In der Figur ist die erste Form der Druckübertragung besonders deswegen gewählt, weil die Möglichkeit der gleichzeitigen Registrirung der Windrichtung an demselben Apparate angedeutet werden sollte. Ist die Bewegung des Pendels auch

sehr gering, so wird der Ausschlag einer kleinen Messing- oder Bleikugel am unteren Ende der genügend verlängerten Pendelstange *h* dennoch hinreichen können, um an der Innenseite des mit «metallic paper» ausgekleideten Cylinders *C* (welcher mit der Schreibtafel *W* heruntersinkt) eine deutlich sichtbare Spur zu erzeugen.

Alle vom Verf. vorgeschlagenen Apparate gestatten die Fern-Registrirung; das hierzu erforderliche zweite Instrument besteht in allen Fällen aus den folgenden, an einem Eisenstativ befestigten Stücken: Uhr, Schreibtafel, Leitschraube mit Schreibstiftvorrichtung und Elektromagnet. *E. W.*

J. Möller. **Die forstlichen Acclimatisations-Bestrebungen und ihre Bedeutung für die Industrie.** S. A. a. d. Wochenschrift d. niederösterr. Gewerbevereins. Wien 1882.

J. Booth. **Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland.** Berlin 1882. Julius Springer.

R. Assmann. **Monatsschrift für praktische Witterungskunde.** Magdeburg. A. u. R. Faber. 1882.

A. L. Fischer. **Die Sonnenflecken und das Wetter.** Erfurt 1882.

Duté Poitevin und *Ch. du Havel.* **Beobachtungen über die Bildung der Wolken.** Compt. rend. T. XCIII. p. 970.

W. Köppen. **Häufigkeit und mittlere Zugstraßen der barometrischen Minima.** Zeitschrift d. österr. Ges. für Meteorologie. 1882. Bd. XVII. Juli-Heft. S. 257—267.

J. van Bebber. **Verhältnisse der barometrischen Minima 1876—80.** Ibid. Aug.-Heft. S. 297—307.

P. Andries. **Die Entstehung der Cyklonen.** Ibid. Aug.-Heft. S. 307 bis 317 und Oct.-Heft. S. 385—395.

R. Assmann. **Eine lokale Gewittercyklone.** Ibid. Sept.-Heft. S. 337 bis 341.

J. Liznar. **Die periodische Aenderung des Grundwasserstandes.** Ibid. Sept.-Heft. S. 368—371.

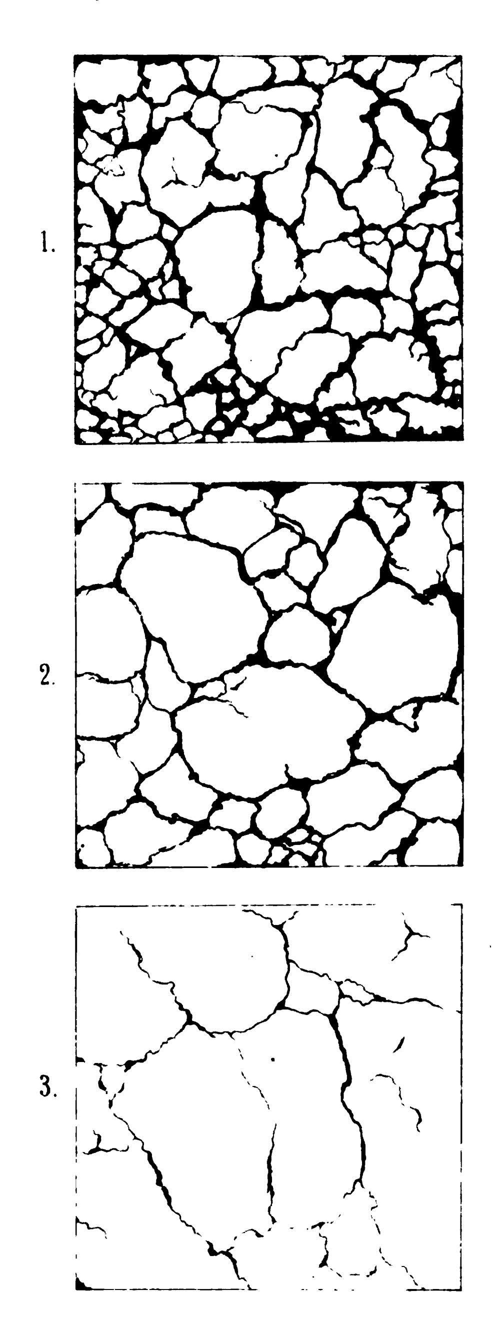
Crova. **Ein neues Condensationshygrometer.** Compt. rend. T. XCIV. p. 1514.

H. Dufour und *H. Amstein.* **Nouveau Baromètre enregistreur.** Bull. de la Soc. Vaudoise des sc. nat. 2e S. vol. XVII. n. 86.

H. Hoffmann. **Vergleichende phänologische Karte von Mitteleuropa.** Petermann's geogr. Mittheilungen. 1881.

W. von Bezold und *C. Lang.* **Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königreich Bayern.** München. Theodor Ackermann. 1882.

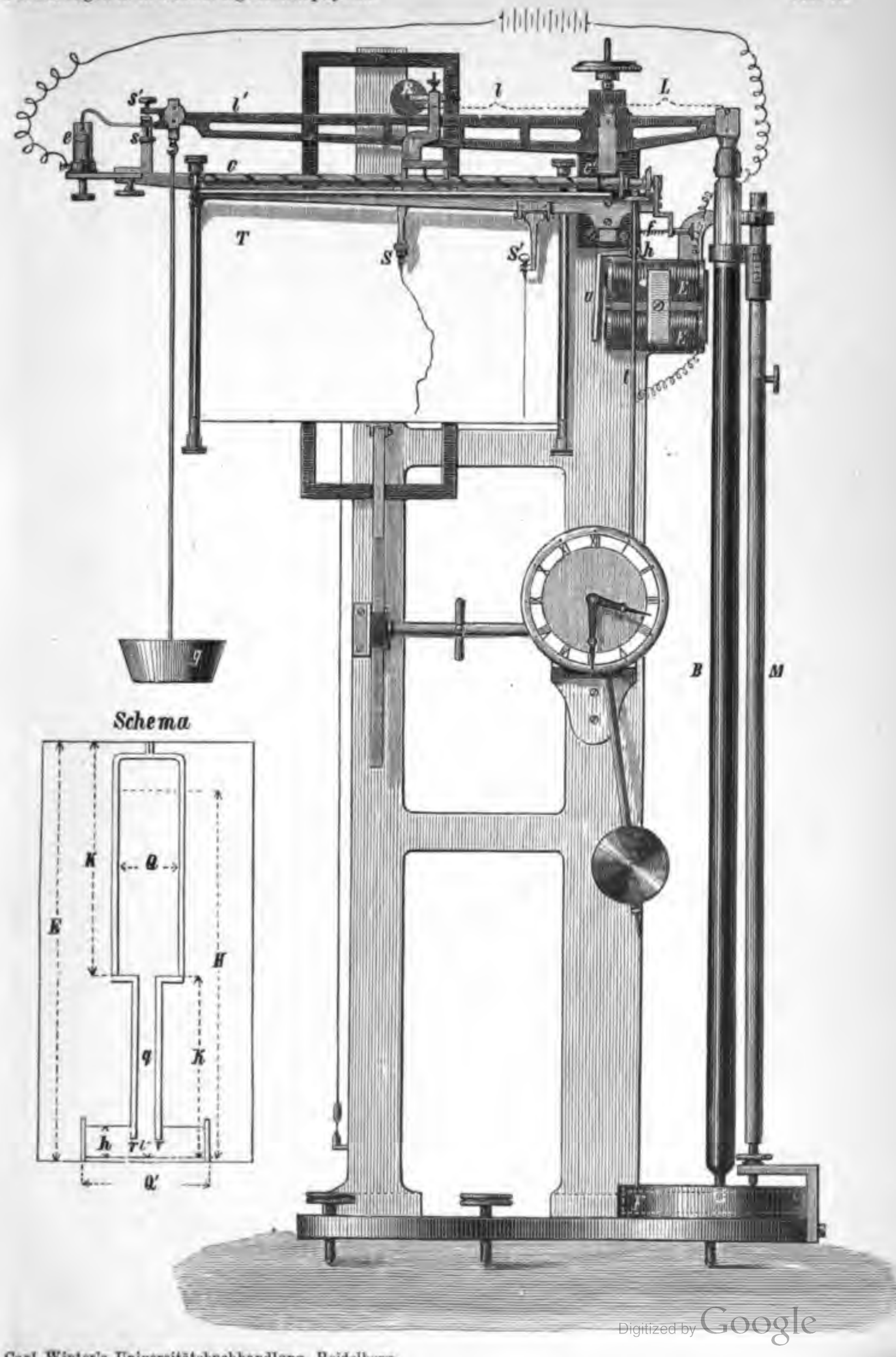




E. Wollny ad nat. del.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

FORSCHUNGEN

AUF DEM

GEBIETE DER AGRIKULTURPHYSIK.

UNTER MITWIRKUNG DER HERREN:

DR. J. VAN BEBBER IN HAMBURG; PROF. DR. A. BLOMEYER IN LEIPZIG; PROF. DR. J. BÖHM IN WIEN; DR. J. BREITENLOHNER IN WIEN; PROF. DR. W. DETMER IN JENA; PROF. DR. E. EBERMAYER IN MÜNCHEN; DR. J. FITTBOGEN IN DAHME; DR. G. HAVENSTEIN IN BONN; PROF. DR. R. HEINRICH IN ROSTOCK; PROF. DR. E. HEIDEN IN POMMRITZ; PROF. DR. E. W. HILGARD IN BERKELEY (CALIFORNIEN U. S.); PROF. DR. F. VON HÖHNEL IN WIEN; PROF. DR. S. W. JOHNSON IN NEW-HAVEN (CONNECTICUT U. S.); PROF. DR. L. JUST IN KARLSRUHE; PROF. DR. J. KÜHN IN HALLE A./S.; DR. C. KRAUS IN TRIESDORF; DR. C. LANG IN MÜNCHEN; PROF. DR. TH. LANGER IN MÖDLING; DR. J. R. LORENZ VON LIBURNAU IN WIEN; PROF. DR. A. VON LIEBENBERG IN WIEN; PROF. DR. A. MAYER IN WAGENINGEN (HOLLAND); DR. J. MÖLLER IN MARIABRUNN; PROF. DR. A. MÜLLER IN BERLIN; PROF. DR. J. NESSLER IN KARLSRUHE; PROF. DR. A. ORTH IN BERLIN; DR. R. PEDERSEN IN KOPENHAGEN; DR. W. RIEGLER IN WIEN; PROF. DR. E. VON RODICZKY IN UNGAR.-ALTENBURG; DR. W. SCHUMACHER IN BONN; DR. P. SORAUER IN PROSKAU; PROF. DR. A. VOGEL IN MÜNCHEN; DR. F. WAGNER IN MÜNCHEN; PROF. DR. P. WAGNER IN DARMSTADT; PROF. DR. G. WILHELM IN GRAZ:

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. E. WOLLNY,

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

FÜNFTER BAND. ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT 2 HOLZSCHNITTEN UND 1 LITHOGR. TAFEL.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1882.

Forsuchungen auf dem gebiete der agricultur-physik.

